

DIPLOMARBEIT

im Studiengang Forstwirtschaft

Lehrgebiet: **Forstnutzung**

Thema:
Initiierung eines Regionalmarktes Holzenergie Bad Wildungen

vorgelegt von **Andre Mohr**

am **20.12.2005**

Erstprüfer **Dr. Bettina Hanskötter**

Zweitprüfer **FAM Dietmar Pieper**

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1 Einleitung.....	1
1.1 Einführung	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	3
1.3 Motivation zur Steigerung der Holzenergie in der Region Bad Wildungen	5
2 Material und Methode	6
2.1 Die Region Bad Wildungen	6
2.1.1 Naturraum	6
2.1.2 Erwerbs- und Bevölkerungsstruktur.....	7
2.1.3 Die Wälder der Region.....	8
2.2 Theoretische Grundlagen.....	9
2.3 Potentialermittlung	9
2.3.1 Waldenergieholz	10
2.3.2 Energiewälder	11
2.3.3 Industrierestholz.....	11
2.3.4 Landschaftspflegeholz	11
2.3.5 Gebrauchtholz.....	12
2.4 Haushaltsbefragung	12
2.5 Szenarien	13
3 Grundlagen zur Holzenergie	14
3.1 Definition.....	14
3.2 Fraktionen der holzartigen Biomasse	15
3.2.1 Durchforstungs- und Waldrestholz	15
3.2.2 Energiewälder	15
3.2.3 Landschaftspflegeholz	15
3.2.4 Altholz	15
3.3 Physikalische Grundlagen	17
3.3.1 Heizwert und Brennwert.....	17
3.3.2 Abhängigkeit des Heizwertes von der chemischen Zusammensetzung	18
3.3.3 Heizwert in Abhängigkeit vom Wassergehalt	19
3.3.4 Heizwert bzw. Energiegehalt in Abhängigkeit von der Dichte	20
3.4 Der Potentialbegriff.....	24
3.5 Die verschiedenen Energieformen	26

4	Regionale Energieholzpotentiale	27
4.1	Waldenergieholz.....	27
4.1.1	Waldrest- und Durchforstungsholz.....	27
4.1.2	Ungenutzter Holzzuwachs	29
4.2	Energiewälder.....	30
4.3	Landschaftspflegeholz	32
4.4	Altholz	34
4.4.1	Gebrauchtholz.....	34
4.4.2	Industrierestholz.....	35
4.5	Fazit der Potentialermittlung.....	37
5	Der Wärmeenergiesektor der Stadt Bad Wildungen	37
5.1	Wärmeenergieverbrauch und eingesetzte Energieträger.....	38
5.1.1	Berechnung des Wärmeenergiebedarfs	38
5.2	Die Position des Holzes im Wärmesektor.....	40
5.3	Akzeptanz des Energieträgers Holz in der Bevölkerung.....	41
5.4	Kenntnisstand der Bevölkerung.....	43
5.5	Benötigte Dienstleistungen/Hilfen für eine Holzfeuerung.....	44
5.6	Fazit der Haushaltsbefragung.....	45
6	Szenarien	46
6.1	Realisierbarer Anteil des Holzes am Wärmeenergieverbrauch der Haushalte	46
6.2	Prognostizierte Entwicklung der Wärmekosten.....	47
6.2.1	Denkbare Heizkostensparnis für die Stadt	48
6.3	Denkbares CO₂-Einsparpotential für die Stadt Bad Wildungen.....	50
6.3.1	Berechnung des Emissionsfaktors und der vermiedenen Treibhausgase	50
6.4	Möglicher Beschäftigungsimpuls durch eine Forcierung der Holzenergie.....	52
6.4.1	Einsatz des Holzes in Zentralheizungen.....	53
6.4.2	Einsatz des Holzes in Heizwerken.....	55
6.5	Regionale Wertschöpfung am Beispiel der Stiftungsforsten Haina.....	56
6.5.1	Allgemeines zum Forstbetrieb und zu den Heizwerken	56
6.5.2	Die „Kooperation“	57
6.5.3	Die Logistikkette.....	58
6.5.4	Betriebswirtschaft und Wertschöpfung	60
6.5.5	Betriebswirtschaftliche Ergebnisse	61

7	Benötigte Initiativen und Strukturen eines „Regionalmarktes Holzenergie Bad Wildungen“	62
7.1	Gründung einer „Arbeitsgruppe Holzenergie Bad Wildungen“.....	62
7.1.1	Beschluss einer „Charta Holzenergie“	63
7.2	Wertschöpfungsnetz „Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen“.....	65
7.3	Ausbau der Öffentlichkeitsarbeit.....	67
7.3.1	Akzeptanz schaffen.....	67
7.3.2	Interesse wecken	68
7.4	Vorreiterrolle der Stadt.....	69
8	Diskussion.....	70
8.1	Potentialermittlung	70
8.2	Haushaltsbefragung	72
8.2.1	Datenumfang und -qualität.....	72
8.3	Szenarien	74
8.3.1	CO ₂ -Einsparpotential	74
8.3.2	Beschäftigungseffekt.....	74
9	Zusammenfassung	75
10	Quellenverzeichnis	78
10.1	Literatur.....	78
10.2	Internetquellen	80
11	Anhang.....	81

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung	Seite
Abb. 1: Primärenergieverbrauch in Deutschland 2003 (BMU, 2004).....	2
Abb. 2: Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2003 (BMU, 2004)	2
Abb. 3: Schematische Darstellung der verschiedenen Zielsetzungen der Arbeit	4
Abb. 4: Preisindizes ausgewählter Energieträger [3]	5
Abb. 5: Landnutzung in Bad Wildungen, Waldeck-Frankenberg und Hessen (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).....	7
Abb. 6: Erwerbsstruktur in Bad Wildungen, Waldeck-Frankenberg und Hessen (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).....	8
Abb. 7: Altersstruktur in Bad Wildungen, Waldeck-Frankenberg und Hessen (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).....	8
Abb. 8: Baumartenverteilung im Forstamt Bad Wildungen (ANONYMUS, 1996)	9
Abb. 9: Systematik der biogenen Festbrennstoffe (modifiziert nach HOLZABSATZFONDS [6])	14
Abb.10: Verbindung der AltholzV zur BImSchV (modifiziert nach HARTMANN, 2003)	16
Abb. 11: Heizwert in Abhängigkeit vom Wassergehalt (HARTMANN, 2003)	19
Abb. 12: Umrechnungsfaktoren für die forstlich gängigen Volumeneinheiten (HARTMANN, 2003).....	21
Abb. 13: Die verschiedenen Potentialbegriffe (MÜLLER, 2002)	25
Abb. 14: Energieumwandlungskette [10].....	26
Abb. 15: Prozentuale Verteilung des Waldrest- und Durchforstungsholzes.....	27
Abb. 16: Wärmebereitstellungsmix der privaten Haushalte in Bad Wildungen	38
Abb. 17: Anteil der wechselwilligen Hausbesitzer.....	40
Abb. 18: Formen der Holzfeuerung in Bad Wildungen.....	41
Abb. 19: Meinungsbild zum Energieträger Holz in der Bevölkerung Bad Wildungen...	42

Abb. 20:	Nachteile der Holzenergie gegenüber fossilen Energieträgern	43
Abb. 21:	Eigenbeurteilung des Kenntnisstandes zur Holzenergie.....	44
Abb. 22:	Benötigte Hilfen/Dienstleistungen unter den "wechselwilligen" Bürgern	44
Abb. 23:	Entwicklung des Energiestandards für Wohngebäude [14]	47
Abb. 24:	Wertschöpfungsnetz "Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen" (modifiziert nach TAT, 2002).....	64
Abb. 25:	Bezugsquellen für den Brennstoff Holz in Bad Wildungen	65
Abb. 26:	Einfluss des Gebäudealters auf den Brennstoffverbrauch (FRAUNHOFERINSTITUT, 2004)	73
Abb. 27:	Einfluss des Heizkesselalters auf den Brennstoffverbrauch (FRAUNHOFERINSTITUT, 2004)	73
Abb. 28:	Einwohner bezogene CO₂-Emissionen für Deutschland [18]	74

Tabellenverzeichnis:

Tabelle	Seite
Tab. 1: Altholzkategorien gemäß AltholzV (KESSLER et al., 2003).....	16
Tab. 2: Heizwerte von Holz bei unterschiedlichen Wassergehalten.....	20
Tab. 3: Darrdichten einiger ausgewählter Baumarten (HARTMANN, 2003)	20
Tab. 4: Raumgewicht verschiedener Baumarten in Abhängigkeit vom Wassergehalt (HARTMANN, 2003).....	22
Tab. 5: Energiegehalte von Buche und Fichte bei unterschiedlichen Aufbereitungsformen und Wassergehalten (HARTMANN, 2003)	23
Tab. 6: Energiegehalte aus dem Waldrest- und Durchforstungsholz, Region Bad Wildungen	27
Tab. 7: Anteile der verschiedenen Waldbesitzer an der Gesamtfläche (ANONYMUS, 1996).....	29
Tab. 8: Waldmesskundliche Parameter der Forsteinrichtung (ANONYMUS, 1996; ANONYMUS, 2005)	29
Tab. 9: Mögliche Anteile der Stilllegungsfläche an der landwirtschaftlichen Nutzfläche	30
Tab. 10: Ertragskennzahlen zur Herleitung des Energieholzaufkommens aus Kurzumtriebshölzern.....	31
Tab. 11: Einwohner bezogene Kennzahlen zur Herleitung des Energieholzpotentials aus der Landschaftspflege	32
Tab. 12: Sperrmüllaufkommen, Bad Wildungen (KÖCKERT, 2005)	34
Tab. 13: Zusammensetzung des Gebrauchtholzes (MARUTZKY und SEEGER, 1999)	34
Tab. 14: Einwohner bezogene Kennzahlen zur Herleitung des Energieholzpotentials aus dem Gebrauchtholz	34
Tab. 15: Aufteilung des Industrierestholzes auf die verschiedenen Sortimente	36
Tab. 16: Nutzungsoptionen der anfallenden Industrieresthölzer	36
Tab. 17: Energetisch nutzbare Sortimente und ihre Energiegehalte.....	36

Tab. 18:	Energieholzpotential für die Stadt Bad Wildungen	37
Tab. 19:	Bestand an Wohngebäuden in Bad Wildungen (STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).....	38
Tab. 20:	Umrechnungsfaktoren für Energieverbräuche in kWh (FRAUNHOFERINSTITUT, 2004).....	39
Tab. 21:	Kennzahlen zum Wärmeenergieverbrauch in Bad Wildungen und Deutschland	39
Tab. 22:	Holzenergie in Bad Wildungen in Zahlen	40
Tab. 23:	Bezugsquellen von Brennholz in Bad Wildungen	41
Tab. 24:	Meinungsbild zum Energieträger Holz in der Bevölkerung Bad Wildungen...	42
Tab. 25:	Nachteile der Holzenergie unter allen Befragten und den "nicht wechselwilligen Bürgern"	43
Tab. 26:	Wärmekosten verschiedener Heizsysteme (ÖKO-INSTITUT, 2004).....	48
Tab. 27:	Energiegehalte aus dem Waldrest- und Durchforstungsholz, Stadtwald Bad Wildungen	49
Tab. 28:	Relative Treibhauspotentiale der Kyoto-Gase (BMU, 2004).....	50
Tab. 29:	Struktur des durch Holz substituierten Wärmebereitstellungsmixes der Stadt Bad Wildungen.....	51
Tab. 30:	Emissionsfaktoren für die Bereitstellung je kWh Nutzwärme, inkl. Prozesswärme (BMU, 2003).....	51
Tab. 31:	Beschäftigte Personen pro Energieeinheit bei verschiedenen Heizsystemen (ÖKO-INSTITUT, 2004).....	53
Tab. 32:	Bestand an Wohngebäuden in Bad Wildungen (STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).....	53
Tab. 33:	Beschäftigte Personen pro Energieeinheit bei verschiedenen Heizsystemen (ÖKO-INSTITUT, 2004).....	55
Tab. 34:	Energieholzpotential für die Stadt Bad Wildungen	70
Tab. 35:	Vergleich verschiedener Potentialerhebungen.....	71

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die energetische Nutzung des Rohstoffes Holz ist die älteste Verwendungsform des Holzes überhaupt. Eine nachhaltige Bewirtschaftung vorausgesetzt, wird er auch dauerhaft als Energieträger zur Verfügung stehen. In den Industrienationen verlor die energetische Nutzung des Holzes zwar durch die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und -gas erheblich an Bedeutung, behielt aber in den Entwicklungsländern bis in die heutige Zeit seine existenzielle Rolle. 55 % des weltweit statistisch erfassten Holzeinschlags von 3,3 Mrd. Fm (= 1,82 Mrd. Tonnen_{atro}) werden als Brennholz genutzt, die restlichen 45 % sind Nutzholz („Holz für industrielle Zwecke“, Schnittholz, Holzwerkstoffe und Papierholz). Da auch ein Großteil des Nutzholzes, zum Beispiel als Produktionsreststoff oder Altholz energetisch genutzt wird, kann man davon ausgehen, dass weltweit etwa 2,5 – 3,0 Mrd. Fm Holz jährlich als Energieträger eingesetzt werden. Holz deckt somit fast 10 % des Weltprimärenergiebedarfes und besitzt den gleichen Stellenwert wie die Kernenergie (FRÜHWALD et al., 2001).

Doch auch in den Industrienationen wie Deutschland wird der Ruf nach alternativen Energiequellen, hervorgerufen durch die Klimaschutzdiskussion und die sich abzeichnende Verknappung der fossilen Energieträger, zunehmend lauter. Daraus resultierend änderten sich auch die politischen Zielsetzungen und Rahmenbedingungen, so dass in Deutschland mittlerweile ein positives Umfeld für den Energierohstoff Holz herrscht. Die bekannteste internationale Klimaschutz-Regelung ist wohl das Kyoto-Protokoll von 1997, nach der sich Deutschland zu einer Reduktion der sechs wichtigsten Treibhausgase und hier besonders des CO₂ um 21 % bis zum Zeitraum 2008/2012 verpflichtet hat. Und auch im Rahmen der nationalen Forstpolitik (Stichworte: „Nationales Waldprogramm“ oder „1. Deutscher Waldgipfel“) wird die energetische Nutzung des Holzes nunmehr als Bestandteil einer multifunktionalen Forstwirtschaft angesehen.

Abgeleitet aus den oben genannten Zielsetzungen sind neue rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen worden. Mit dem „Erneuerbaren Energiengesetz“ (EEG¹) und der „Biomasseverordnung²“ wurde eine Einspeisevergütung für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen eingeführt. Ziel des EEG ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Energieversorgung (Primärenergieverbrauch) bis zum Jahr 2010 auf mindestens 4,2 % zu steigern.

¹ Das EEG ist am 01.04.2000 in Kraft getreten. Es regelt Abnahme und Vergütung für Strom aus erneuerbaren Energiequellen.

² Die Biomasseverordnung ist am 28.06.2001 in Kraft getreten. Sie regelt auf der Grundlage des EEG, welche Stoffe als Biomasse gelten und welche Verfahren zur Stromerzeugung aus Biomasse eingesetzt werden können.

Wie man Abbildung 1 entnehmen kann, betrug der Anteil der erneuerbaren Energien im Jahr 2003 jedoch erst 3,1 % (BMU, 2004). Es bedarf also noch weiterer Initiativen und Anstrengungen, die angestrebten Ziele zu erreichen.

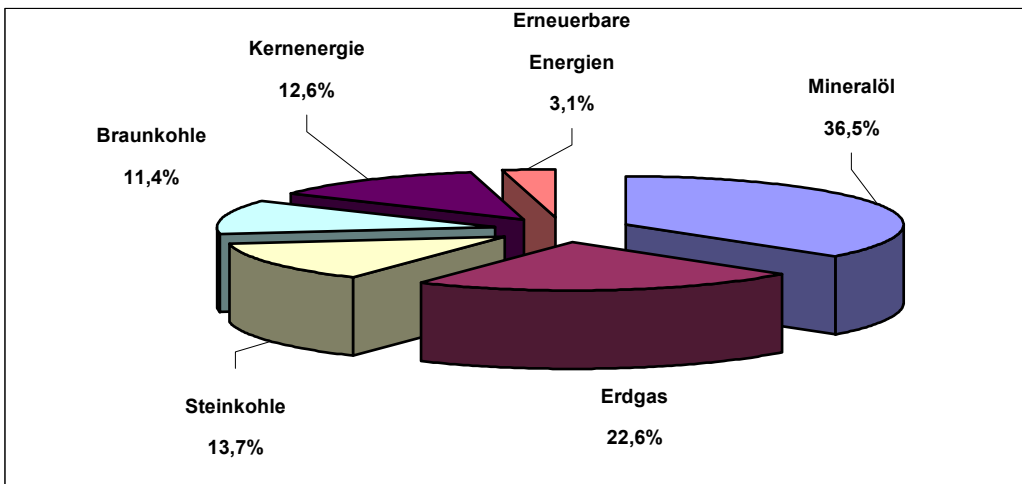
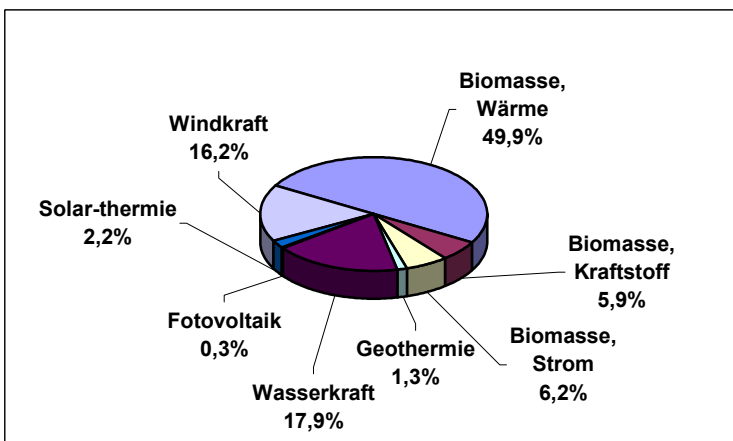


Abbildung 1: Primärenergieverbrauch in Deutschland 2003 (BMU, 2004)

Abbildung 2 zeigt, dass fast 50 % der erneuerbaren Energien als Wärmeenergie aus Biomasse erzeugt werden und dies fast ausschließlich aus Holz³. Aus Sicht der Holzenergie fehlt aber bislang leider noch eine entsprechende Vergütung für die Wärmeerzeugung. Allerdings werden durch das „KfW-Programm zur CO₂-Minderung⁴“ des Bundes automatisch beschickte



Feuerungsanlagen durch Zuschüsse und zinsvergütete Darlehen gefördert. Daneben sind zusätzlich noch Länderförderungen vorhanden. Mit der Novellierung des EEG im März 2004 wurde die Position der Biomasse und damit auch des Holzes innerhalb der erneuerbaren Energiequellen sogar noch einmal gestärkt.

Abbildung 2: Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2003 (BMU, 2004)

³ Nach HARTMANN (2003) lieferte die hölzerne Biomasse im Jahr 2000 mehr als 90 % der Wärmeenergie der biogenen Festbrennstoffe.

⁴ Das KfW-Programm ist Bestandteil des nationalen Klimaschutzprogramms und dient mit verschiedenen Maßnahmen zur Minderung der CO₂-Emissionen an bestehenden Gebäuden. Im Rahmen des KfW-Programms (Kreditanstalt für Wiederaufbau) werden Maßnahmen an bestehenden und neuen Wohngebäuden zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert. Biomasseanlagen werden allerdings nur dann gefördert, wenn es sich um Zentralheizungen handelt, die ausschließlich mit Biomasse befeuert werden.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Vor dem Hintergrund endlicher Ressourcen der fossilen Energieträger, einhergehend mit steigenden Öl- und Gaspreisen und einer immer lauter werdenden Klimaschutzdebatte, stellt die **Reduktion der fossilen Energieträger** zu Gunsten der **erneuerbaren Energieträger** ein allgemein akzeptiertes und formuliertes Ziel dar. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die vorhandenen Potentiale aktiviert werden. Allerdings bestehen zum einen häufig erhebliche Unsicherheiten über deren Umfang, zum anderen fehlen konkrete Planungsgrundlagen und Initiativen für den quantitativen und qualitativen Ausbau der regenerativen Energien.

Zentrales Anliegen dieser Arbeit ist es, die **energetische Nutzung** des Rohstoffes **Holz** durch die „**Initiierung eines Regionalmarktes Holzenergie Bad Wildungen**“ zu **forcieren**. Hierfür ist es erforderlich, eine fundierte Datenbasis zusammen zu stellen, aus der das nachhaltig verfügbare **Potential an Holzenergie** in der Region deutlich wird. Daneben sollen anhand eines **Fragebogens** sowohl Daten über den **Wärmeenergiemarkt** (Gesamtwärmeenergieverbrauch, Anteile der verschiedenen Energieträger, vorhandene Holzfeuerungen, Brennholzbezug) der Stadt als auch Informationen über die potentiellen Abnehmer („**Wärmekunden**“) der Holzenergie erfasst und ausgewertet werden. Die Haushaltsbefragung und deren Publikmachung in der lokalen Presse dienen dem Zweck, die Bürger bzw. die Hauseigentümer als potentielle Entscheider über Handlungsalternativen zur Verwendung von fossilen Energieträgern zu informieren und zu sensibilisieren.

Mit Hilfe der ermittelten Potentiale und den Daten über den Wärmeenergiesektor ist es möglich, Angebot und Nachfrage nach Holzbrennstoffen in einem „Regionalmarkt Holzenergie“ zu koordinieren. Weiterhin soll anhand der gesammelten Informationen analysiert werden, welche **Initiativen** und **Strukturen** für einen etablierten „**Regionalmarkt Holzenergie**“ noch benötigt werden. Auf diese Weise soll mit der Arbeit im Gegensatz zu globalen oder nationalen Studien zu den erneuerbaren Energieträgern eine konkrete Machbarkeit und Umsetzungsanleitung „vor Ort“ aufgezeigt werden. Zudem wird durch die explizite Betrachtung der holzartigen Biomasse für die krisengeplagte Forstwirtschaft (Stichwort: „Strukturreformen“) eine konkrete Perspektive und Alternative im Sinne einer Marktanalyse ausgemalt, die die abstrakte Vision des „Forstwirtes als Energiewirt“ greifbar macht und mit Leben füllt.

Ausgehend von dem ermittelten und aufbereiteten Datenmaterial sollen des Weiteren in Form von **Szenarien** die **ökologischen** und **ökonomischen Effekte** einer gesteigerten Holzenergienutzung aufgezeigt werden. Aus ökologischer Sicht interessiert hier besonders das **CO₂-Einsparpotential**, während regionalwirtschaftlich vor allem die zusätzliche **Wertschöpfung** und die damit verbundenen Auswirkungen auf die **Beschäftigung** von Interesse sind.

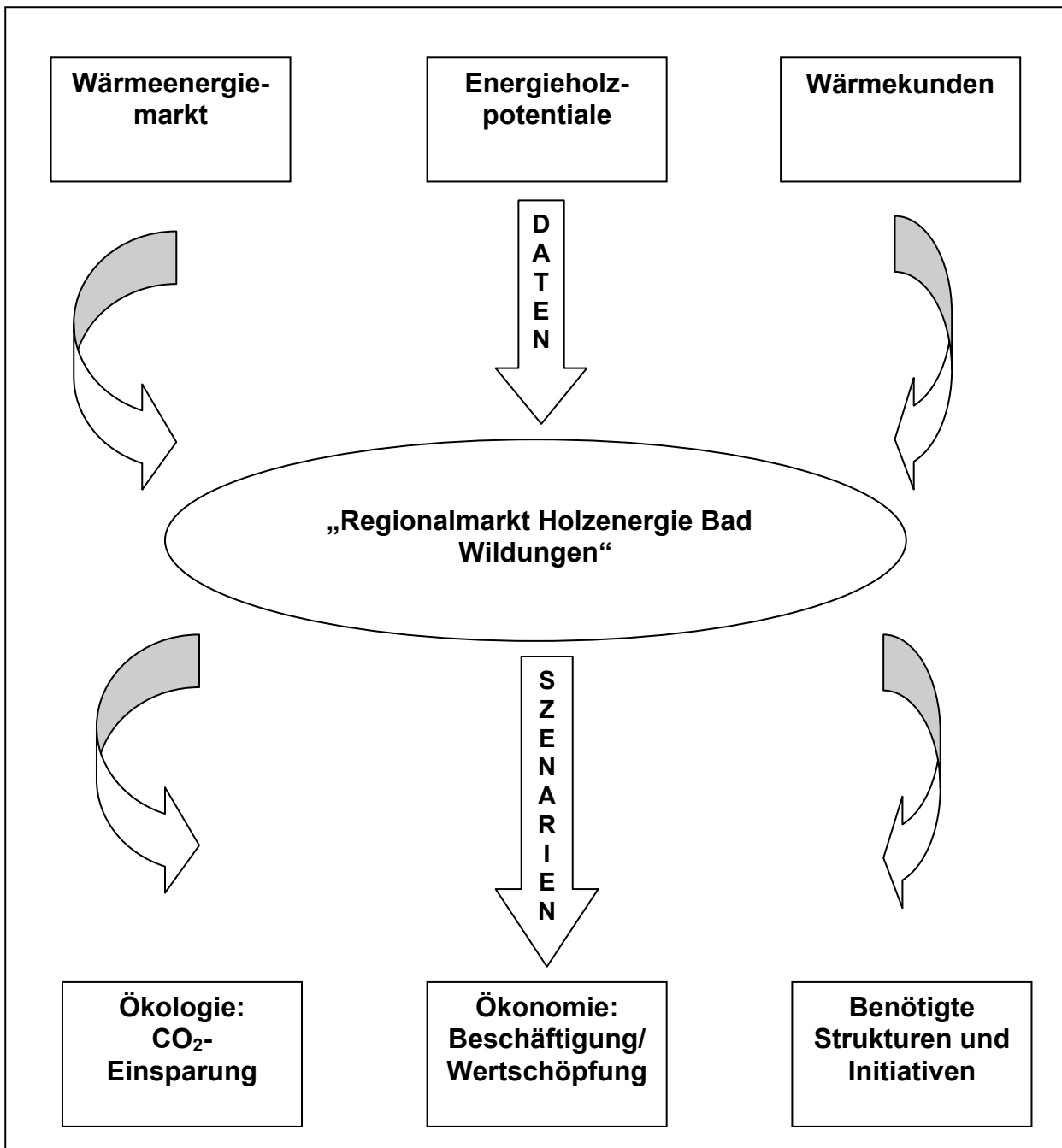


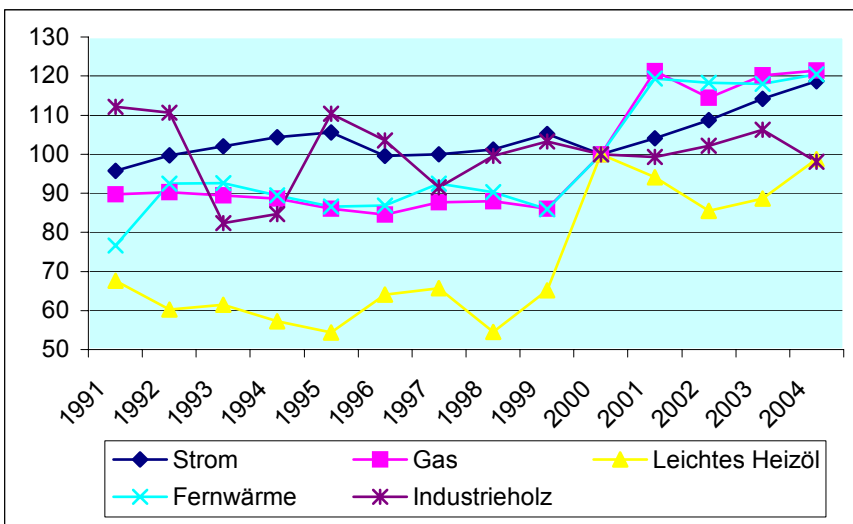
Abbildung 3: Schematische Darstellung der verschiedenen Zielsetzungen der Arbeit

Die Ermittlung der Energieholzpotentiale und die Datensammlung aus der Haushaltsbefragung bezüglich des Wärmeenergiesektors erfolgen allein für das begrenzte Gebiet der Stadt Bad Wildungen und ihrer Ortsteile (**Region Bad Wildungen**). Die ökonomischen und ökologischen Effekte und Auswirkungen einer Mobilisierung des regionalen Energieholzpotentials beziehen sich einzig auf den **Sektor der privaten Haushalte** und dabei auf eine reine **Wärmeenergiebereitstellung** aus Holzbrennstoffen. Die alternativen Möglichkeiten einer Stromerzeugung oder einer Kombination aus Wärme- und Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung bleiben unberücksichtigt.

1.3 Motivation zur Steigerung der Holzenergie in der Region Bad Wildungen

In Zeiten steigender Arbeitslosenzahlen (Arbeitslosenquote in Bad Wildungen: 8,7 %; Stand November 2005 [1⁵]) ist für die kommunalen Entscheidungsträger das Kriterium der hohen regionalen Wertschöpfung der Holzenergie von primärem Interesse. Während beim Einbau und Betrieb einer Holzfeuerungsanlage alle Dienstleistungen von ortsansässigen Betrieben und Unternehmen erbracht werden können, fließen beim Betrieb einer Ölheizung nach einer Studie des Schweizer Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) 70 % der Wertschöpfung außerhalb des Landes [2]. Durch eine Erhöhung des Holzanteiles am Wärmeenergieverbrauch der Stadt würde ein hoher Prozentsatz der Energiekosten in der Region verbleiben. Diese zusätzliche Wertschöpfung bewirkt einerseits die Sicherung vorhandener Arbeitsplätze, zum anderen besteht die begründete Chance, neue Arbeitsplätze in Bad Wildungen bzw. der näheren Umgebung zu schaffen und diese auch in der Region zu halten. Nach Berechnungen des ÖKO-INSTITUTES (2004) werden bei gleichem Wärmeenergieverbrauch beim Einsatz von Holz als Energieträger bis zu drei mal so viele Beschäftigte benötigt wie bei der fossilen Alternative.

Vor allem für die Land- und Forstwirtschaft eröffnet sich mit der Holzenergie ein neues, attraktives Geschäftsfeld. Für die Forstwirtschaft insofern, da das Sortiment Energieholz nur geringe Anforderungen an Baumart, Güte/Qualität, Sortierung und Einschlagszeitpunkt stellt. Die Bereitstellung kann mit einem hohen Eigenleistungsanteil und geringem Investitionsrisiko durch forstbetriebseigene Maschinen und Arbeitskräfte erfolgen. Aber auch für die Landwirte der Region ohne Waldbesitz besteht die Möglichkeit, auf 33 % der Stilllegungsflächen Energieholz zu produzieren, ohne auf die Flächenausgleichsprämie zu verzichten (HOFMANN, 1998).



Ein weiterer Aspekt, der für den Energieträger Holz spricht, ist die sichere, dezentrale Energieversorgung der Region. Je höher der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch liegt, desto geringer ist die Abhängigkeit von den krisenanfälligen fossilen Energieträgern.

Abbildung 4: Preisindizes ausgewählter Energieträger [3]

⁵ Internetquellen werden im Text als [Ziffer] angegeben. Die vollständigen Quellenangaben sind im Kapitel Quellenverzeichnis (10.2) aufgeführt.

Wie Abbildung 4 verdeutlicht, besitzt Holz gegenüber den fossilen Energieträgern zusätzlich noch den Effekt der größeren Preisstabilität. Auffällig ist vor allem der Preisanstieg des Heizöles und des an den Ölpreis gekoppelten Erdgases seit 1998 um über 80 %.

Daneben entspricht die Versorgung der Stadt Bad Wildungen mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz in vorbildlicher Weise den Zielen des „Lokalen Agenda 21-Projektes“, denen sich auch die Stadt Bad Wildungen verpflichtet hat. Im Rahmen dieses „Agenda 21-Projektes“ entstanden in Bad Wildungen eine Vielzahl von Arbeitskreisen. Der Arbeitskreis „Energie aus Holz“ arbeitete konkret an Maßnahmen zur Umsetzung der Klimabündnisverpflichtungen, die für Bad Wildungen eine Halbierung der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2010 (bezogen auf die Emissionswerte des Jahres 1987) vorsehen [4]. Der CO₂-neutrale Brennstoff Holz kann hier einen wesentlichen Beitrag leisten.

2 Material und Methode

2.1 Die Region Bad Wildungen

Die Stadt Bad Wildungen mit der Kernstadt als Zentrum und den umliegenden Ortsteilen ist in vielerlei Hinsicht **prädestiniert** für die Motivation dieser Arbeit, den **Anteil der Holzenergie am Wärmeenergiebedarf** der Region innerhalb der nächsten Jahre sukzessive **auszubauen**. Zum einen wird ein geographisch klar umrissener und überschaubarer Raum untersucht, der es ermöglicht, eine relative genaue Ermittlung der Potentiale aus holzartiger Biomasse in der Region zu erhalten. Zum anderen ist die **waldreiche Region** und hier besonders die Kernstadt als klassisches Heilbad historisch, baulich und wirtschaftlich stark auf den Kurbetrieb und Tourismus geprägt – eine energieintensive Großindustrie fehlt fast gänzlich. Somit bieten die vorhandenen „**weichen**“ **Standortfaktoren** der Region (**hoher Waldanteil, geringe Bevölkerungsdichte**) eine hervorragende Basis für eine verstärkte Nutzung des Energierohstoffes Holz.

2.1.1 Naturraum

Die Stadt Bad Wildungen liegt als Teil des Landkreises Waldeck-Frankenberg im Norden des Bundeslandes Hessen. Geographisch ist die Region eingebettet zwischen Rheinischem Schiefergebirge im Westen und Hessischer Senke im Osten an den Ausläufern des Kellerwaldes, etwa 300 m über dem Meeresspiegel. Die angrenzenden Höhenzüge steigen bis auf über 600 m an, so ist die höchste Erhebung der Region der Auenberg mit 611 m ü. NN. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 8,0 C° und es kann mit durchschnittlichen Niederschlägen von 650 – 800 mm pro Jahr gerechnet werden (ANONYMUS, 2002).

Der Kur- und Erholungsort erstreckt sich über eine Fläche von 12.008 Hektar (≈ 120 qkm). Bei einer Einwohnerzahl von 18.085 ergibt sich somit eine Bevölkerungsdichte von 151 Einwohner/qkm (Landesdurchschnitt: 288 Einwohner/qkm). Mit 6.234 ha ist der überwiegende Teil (51,92 %) der Gemarkung bewaldet.

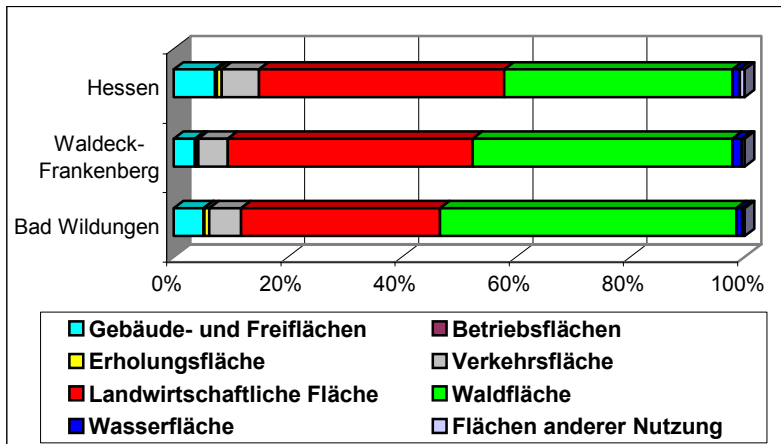


Abbildung 5 verdeutlicht den überdurchschnittlichen Waldanteil der Stadt im Vergleich zu den ohnehin schon hohen Waldanteilen des Landkreises mit 45,50 % und Hessens mit 39,95 %. In den ländlich geprägten Ortsteilen besitzt die Landwirtschaft einen hohen Stellenwert.

Abbildung 5: Landnutzung in Bad Wildungen, Waldeck-Frankenberg und Hessen (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004)

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche beträgt 4.183 ha, dies entspricht einem Flächenanteil von circa 35 %. Damit liegt die landwirtschaftliche Nutzfläche unter dem Landesdurchschnitt von rund 43 %. Die bebauten Wohnflächen mit 623 ha sowie die versiegelten Verkehrsflächen mit 673 ha nehmen nur geringe Anteile von 5,19 % bzw. 5,60 % der Gesamtfläche ein (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).

2.1.2 Erwerbs- und Bevölkerungsstruktur

Die wirtschaftlichen Erwerbsquellen der Stadt liegen jenseits großindustrieller Strukturen. Die Land- und Forstwirtschaft, aber besonders der Kurbetrieb und der Fremdenverkehr bestimmen das Bild der Stadt. So sind allein 14 Kurkliniken in Bad Wildungen angesiedelt. Abbildung 6 zeigt den überproportionalen Anteil des Dienstleistungsgewerbes von 68,16 % an der Erwerbsstruktur der Stadt. Ein Faktum, das den hohen Stellenwert des Kurbetriebes verdeutlicht. Demgegenüber sind lediglich 12,72 % der Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe tätig, während der Anteil in diesem Bereich im Landkreis bei 42,92 % und landesweit bei 28,95 % liegt (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004). Die Stadt Bad Wildungen besteht insgesamt aus 14 Stadt- und Ortsteilen unterschiedlicher Prägung mit insgesamt 18.085 Einwohnern (nur Hauptwohnsitze – Stand: Mai 2005; ANONYMUS, 2002).

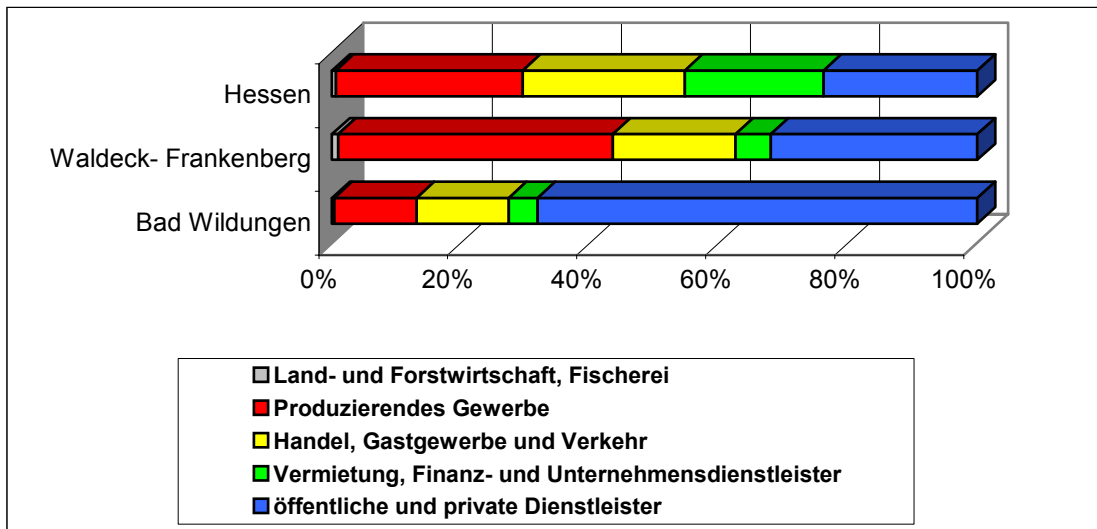
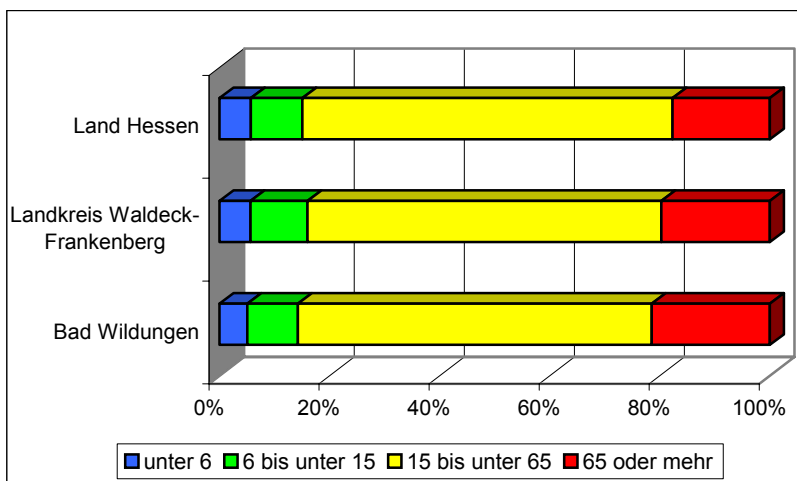


Abbildung 6: Erwerbsstruktur in Bad Wildungen, Waldeck-Frankenberg und Hessen (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004)



Hinsichtlich der Altersstruktur der Stadt ergibt sich folgendes Bild. Abbildung 7 verdeutlicht den über-proportionalen Anteil der über-65-Jährigen in der Stadt von 21,4 % gegenüber 17,7 % landesweit. Hingegen liegt der Anteil der unter 15-Jährigen mit 14,3 % unter dem Landesdurchschnitt von 15,1 %.

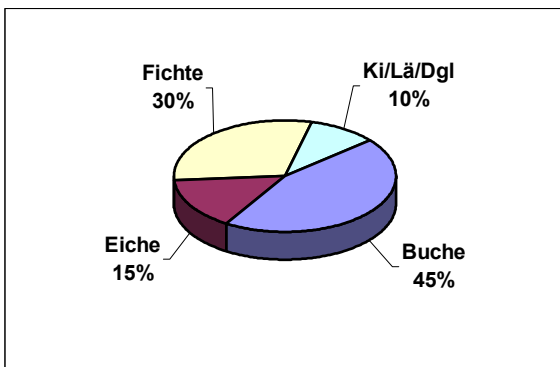
Abbildung 7: Altersstruktur in Bad Wildungen, Waldeck-Frankenberg und Hessen (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004)

2.1.3 Die Wälder der Region

Aufgrund des hohen **Waldanteils** in der Region von über **50 %** und der besonderen **Bedeutung** des Waldes für die **Thematik** dieser Arbeit werden die Wälder der Region hier noch einmal explizit vorgestellt. Das Forstamt Bad Wildungen ist im Zuge der Strukturreform der Hessischen Landesforstverwaltung mittlerweile mit dem Forstamt Vöhl zusammengelegt worden. Die bis Dezember 2004 zu betreuende Fläche des Forstamtes Bad Wildungen umfasste insgesamt 8.680 ha Holzbodenfläche sowie 250 ha Nichtholzbodenfläche (ANONYMUS, 1996). Die Waldflächen des Forstamtes liegen zum größten Teil in den Wuchsbezirken „*Wildunger Bergland*“ und „*Kellerwald*“. Beide Wuchsbezirke sind Teil des Wuchsgebietes „*Nördliches Hessisches Schiefergebirge*“. Geringe Anteile der Waldflächen befinden sich in den Wuchsbezirken „*Niederhessische Senke*“

und „Waldeck-Wolfhagener Berg- und Hügelland“, die dem Wuchsgebiet „Nordwesthessisches Bergland“ angehören. Dominierende Wuchszone ist die in der submontanen (250 – 450 m ü NN) Höhenstufe gelegene „Obere Buchenmischwaldzone“. Die kolline (150 – 250 m ü NN) „Untere Buchenmischwaldzone“ ist nur mit geringen Anteilen vertreten.

Abbildung 8 verdeutlicht, dass die **Buche** mit **45 % Flächenanteil** die vorherrschende Baumart der Region ist, die unter den subatlantischen Klimabedingungen Nordhessens beste Wuchsverhältnisse vorfindet (physiologisches und ökologisches Optimum der Buche treffen hier zusammen). Neben der Buche spielt die **Eiche** als weiteres Laubgehölz mit **15 % Flächenanteil**



eine wichtige Rolle in der hiesigen Forstwirtschaft. **Edellaubhölzer** wie Bergahorn, Esche oder Erle spielen nur eine untergeordnete Rolle (< 1 %). Wichtigste Nadelbaumart ist die **Fichte** mit einem Flächenanteil von **30 %**. Daneben kommen noch die Nadelgehölze **Douglasie**, **Kiefer** und **Lärche** mit zusammen **10 % Flächenanteil** vor.

Abbildung 8: Baumartenverteilung im Forstamt Bad Wildungen (ANONYMUS, 1996)

2.2 Theoretische Grundlagen

Wenn man sich mit dem Rohstoff Holz als Energieträger beschäftigt, ist es erforderlich, sich mit einigen physikalischen Grundlagen auseinander zu setzen. Zum besseren Verständnis der Arbeit werden deshalb die wichtigsten Begriffe, Maße und Einheiten in einem separaten Kapitel dargestellt und erläutert. Dies ist erforderlich, da innerhalb der Literatur zur Holzenergie unterschiedliche Maße und Einheiten verwendet werden und Berechnungen teilweise deutlich voneinander abweichen. Um dem Leser eine **einheitliche** und nachvollziehbare **theoretische Grundlage** an die Hand zu geben, werden die physikalischen Aspekte der Energiegewinnung aus Holzbrennstoffen mit Hilfe des „Handbuches Bioenergie-Kleinanlagen“ der „Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.“ (HARTMANN, 2003) zusammengefasst dargestellt.

2.3 Potentialermittlung

Um ein möglichst exaktes und realitätsnahes Potential für die Region zu erhalten, wurde zunächst versucht, die auf **lokaler Ebene** bereits **vorhandenen** Erhebungen und **Studien** als Grundlage für die Berechnungen heranzuziehen. Dies trifft im Besonderen für die Ermittlung des Potentials an Waldrest- und Durchforstungsholz zu, da hierzu bereits ausreichend Datenmaterial in der

Diplomarbeit „Bedarfsermittlung für Energieträger Holz, Stadt Bad Wildungen“ – angefertigt von Heiko Wessendorf (2000) an der Fachhochschule Hildesheim/Holzminden/Göttingen, Fachbereich Forstwirtschaft – erhoben wurde. Um dem formulierten Anspruch weiterhin gerecht zu werden, wurde **Verbindung** mit **Ämtern** und **Behörden** der Region aufgenommen mit der Bitte um Unterstützung der Arbeit. Zusätzlich zu den „vor Ort“ gesammelten Daten dienten bereits **veröffentlichte** Arbeiten und **Studien** verschiedener Autoren als Datengrundlage. Anhand dieser Studien zum Thema Holzenergie wurden die lokal verfügbaren Daten bei Unvollständigkeit ergänzt oder dienten bei vollständigem Fehlen lokalen Datenmaterials als alleinige Berechnungsgrundlage. Die Ergebnisse sind anschließend mit den in Kapitel 3: „Grundlagen zur Holzenergie“ angegebenen Faktoren in die entsprechenden Energiegehalte umgerechnet worden.

2.3.1 Waldenergieholz

a) Waldrest – und Durchforstungsholz

Die Ermittlung des Potentials an Waldrest- und Durchforstungsholz erfolgte auf Grundlage der Diplomarbeit „**Bedarfsermittlung für Energieträger Holz, Stadt Bad Wildungen**“ von **Heiko Wessendorf**. WESSENDORF (2000) berechnete das Aufkommen an Waldrest- und Durchforstungsholz für die vier Baumartengruppen Buche, Eiche, Fichte und Kiefer über die Naturalrechnung der Forstwirtschaftsjahre 1995 – 1999 als arithmetisches Mittel. Berücksichtigt wurden dabei, getrennt nach Baumart und Waldbesitzer, die Sortimente IL, IL-GEW, IS und X-Holz. Die Angaben erfolgten in Fm o. R.

b) Ungenutzter Zuwachs

Die Ermittlung des Energieholzpotentials aus dem bislang ungenutzten Zuwachs basiert auf den Daten der **Forsteinrichtung** für das Forstamt Bad Wildungen (ANONYMUS, 1996) und der entsprechenden Fortschreibung für das Forstamt Vöhl (ANONYMUS, 2005). Für die Berechnung wurde die Entwicklung der Massen- bzw. Vorratsweiser für den **Domanialwald**⁶ verglichen. Die Vorratsentwicklung erlaubt Rückschlüsse, wie viel des laufenden Zuwachses innerhalb der letzten Dekade genutzt wurde.

⁶ Der Domanialwald ist eine besondere Form des Kommunalwaldes. Er ist ein Sondervermögen des Landkreises Waldeck-Frankenberg aus dem ehemaligen land- und forstwirtschaftlichen Besitz des „Fürsten von Waldeck und Pyrmont“. Nach der Absetzung des Fürsten im Jahr 1918 wurde dessen Grundbesitz von 29.800 ha innerhalb eines Vermögensausgleiches zwischen dem Fürstenhaus und dem damaligen Freistaat Waldeck (Domanialvermögen) aufgeteilt (1921). 1929 wurde das Domanialvermögen schließlich einem aus mehreren waldeckischen Gemeinden umfassenden Zweckverband übertragen. 1942 ist der Zweckverband aufgelöst worden und das Eigentum dem Landkreis zugeschlagen worden.

2.3.2 Energiewälder

Das Potential an Energieholz aus Energiewäldern hängt im Wesentlichen davon ab, wie viel landwirtschaftliche Fläche in einer Region für den Anbau schnellwachsender Baumarten zur Verfügung steht. Als realistische Grundlage kann man hier die Flächengröße heranziehen, die im Jahre 2004 in der Stadt Bad Wildungen als Stilllegungsflächen aus der landwirtschaftlichen Produktion herausgenommen wurde. Die Größe der Stilllegungsfläche wurde über das verwaltungsinterne Computerprogramm SESTERZ⁷ des „**Amtes für ländlichen Raum**“ in **Korbach** ermittelt. Das Programm addiert alle Flurstücke der Gemarkung Bad Wildungen, für die im Jahr 2004 Anträge auf Stilllegung gestellt wurden. Dabei wird noch zwischen Stilllegung ohne Nutzung und Stilllegung mit nachwachsenden Rohstoffen unterschieden. Die Stilllegungsflächen mit nachwachsenden Rohstoffen sind 2004 ausschließlich mit Raps bepflanzt worden (KEINDL, 2005). Neben der Flächenermittlung über das „*Amt für ländlichen Raum*“ wurden auch Studien über mögliche Flächenansätze der „*Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe*“ (HARTMANN, 2003), des *Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit* (BMU, 1999), von MARUTZKY und SEEGER (1999) sowie von DEIMLING et al. (2000) als Datengrundlage herangezogen. Als Quellen für die Herleitung der möglichen Zuwächse pro Hektar und Jahr dienten die Studien von HOFMANN (1998), MÜLLER (2002), MARUTZKY und SEEGER (1999) sowie TRAUPMANN (2004).

2.3.3 Industrierestholz

Das Potential an Industrierestholz wurde über Angaben der **holzbe- und verarbeitenden Betriebe** (Adressliste der Betriebe: siehe Anhang 11.3) der Region ermittelt. Dafür wurden die Betriebe **schriftlich** über ihre verarbeiteten Holzmengen und die dabei anfallenden „Holzreste aus der Produktion“ **befragt**. Neben der Menge und Art des anfallenden Industrierestholzes interessierte auch die bisherige Verwendung (Entsorgung, Verbrennung oder Sonstiges).

2.3.4 Landschaftspflegeholz

Für die Ermittlung des Potentials an Landschaftspflegeholz wurde das „**Amt für Straßen- und Verkehrswesen**“ in **Bad Arolsen** schriftlich um Datenmaterial über das Aufkommen in der Stadt Bad Wildungen gebeten. Der zuständige Beamte teilte telefonisch mit, dass die Daten zwar vorliegen, aber nicht an Privatpersonen weitergegeben werden dürften. Für die Berechnung des Aufkommens an Landschaftspflegeholz wurden deshalb **Einwohner spezifische Bezugsgrößen** aus bereits veröffentlichten Potentialstudien von MARUTZKY und SEEGER (1999), des Holzabsatzfonds (FRÜHWALD et al., 2001), HARTMANN (2003) sowie von WAGNER und WITTKOPF (2000) herangezogen.

⁷ SESTERZ ist die Abkürzung für „Software für die Einkommens- und Strukturförderung im Rahmen des EAGFL-Rechnungsabschlussverfahrens der hessischen Zahlstelle“

2.3.5 Gebrauchtholz

Das exakte Potential an Gebrauchtholz für die Region Bad Wildungen konnte nur zum Teil „vor Ort“ recherchiert werden. So liegen dem **Umweltbüro** des **Rathauses** – zuständig ist Herr Köckert - zwar genaue Daten für das **Sperrmüllaufkommen** der Jahre 2000 – 2004 vor, doch Angaben zum Bau- und Abbruchholz sowie zur Menge an hölzernem Verpackungsmaterial liegen nicht vor. Um dennoch ein realistisches Potential für die Region zu erlangen, erfolgte die Ermittlung durch Hochrechnung des prozentualen Anteiles des Sperrholzes zum Gesamtaufkommen. Als Grundlage diente die Arbeit von MARUTZKY und SEEGER (1999), aus der der Anteil des Sperrholzes zum Gesamtaufkommen an Gebrauchtholz ermittelt wurde.

2.4 Haushaltsbefragung

Um Angebot und Nachfrage an Holzbrennstoffen in einem Regionalmarkt Holzenergie gezielt koordinieren zu können, sind neben der Ermittlung des Energieholzpotentials der Region sowohl Daten über den Wärmeenergiebedarf der Stadt als auch Informationen über die potentiellen Abnehmer der Wärmeenergie aus Holz erforderlich. Als **Instrument** der **Informationsbeschaffung** bot sich die **schriftliche Befragung** an. Die schriftliche Befragung besitzt den Vorteil, dass sich die Befragten in Ruhe mit den Fragen auseinandersetzen können und nicht unter Zeitdruck antworten müssen. Nachteilig ist die Tatsache zu bewerten, dass die Rücklaufquote häufig nicht befriedigt. Der Fragebogen wurde in enger Kooperation mit Dipl.-Holzwirt Georg Krämer, Innovationsbeauftragter „Technologie-Transfer-Holzwirtschaft“ der Holzfachschule Bad Wildungen, entwickelt. Bei der Konzeption des Fragebogens wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, die Fragestellung so einfach wie möglich zu halten. Im August 2005 wurden **380** der ca. 3.800 Hauseigentümer⁸ der Stadt zufällig⁹ ausgewählt und per Serienbrief angeschrieben. Durch die Befragung von rund **10 %** der **Hauseigentümer** scheinen repräsentative Ergebnisse bei einem verhältnismäßigen Mitteleinsatz gewährleistet zu sein („Stichprobe“). Eine Vollerhebung schied sowohl aus finanziellen als auch aus organisatorischen Gründen aus. Der vollstandardisierte **Fragebogen** (siehe Anhang 11.1) bestand aus **elf** geschlossenen¹⁰ **Fragen**. Bei allen Fragen bestand jedoch die Möglichkeit, eigene Antwortmöglichkeiten hinzuzufügen (Hybridform¹¹). Die geschlossene Frage bietet den Vorteil der leichteren statistischen Auswertung.

⁸ Es wurden bewusst nur die Hauseigentümer angeschrieben. Zum einen sind sie im Besitz der genauen Daten hinsichtlich des Wärmeenergieverbrauchs des Gebäudes, zum anderen können nur sie die Frage zum eventuellen Wechsel der Heizung auf eine Holzfeuerung beantworten.

⁹ Die Hauseigentümer wurden anhand des Telefonbuches ausgewählt (jeder zehnte Eintrag).

¹⁰ Nach ATTESLANDER (1995) spricht man von einer geschlossenen Frage, wenn dem Befragten alle möglichen oder zumindest relevanten Antworten vorgelegt werden. Im Gegensatz dazu enthält die offene Frage keine festen Antwortkategorien.

¹¹ Form der geschlossenen Frage, bei denen neben vorgegebenen Antworten auch eine offene Vorgabe die Nennung zusätzlicher Antworten ermöglicht [19].

Der **thematische Schwerpunkt** des Fragebogens bezog sich auf den **Brennstoff Holz**. So wurde zum Beispiel hinterfragt, ob und welche Holzfeuerungsanlage sich im Haushalt befindet, woher der Brennstoff Holz bezogen wird und welche Vor- und Nachteile die Befragten in der energetischen Nutzung des Holzes sehen. Bei den beiden abschließenden Fragen sollten die Befragten einerseits ihren generellen Standpunkt, andererseits ihren momentanen Kenntnisstand zur Holzenergie beurteilen.

Um die Rücklaufquote zu erhöhen, wurde mit der Teilnahme an der Befragung ein Gewinnspiel verbunden. Dem Fragebogen war ein Quiz aus sechs Fragen anhängig, die sich ebenfalls um das Thema Holzenergie drehten. Unter den Rücksendungen wurden 10 Tageskarten für die Landesgartenschau 2006 in Bad Wildungen verlost. Organisiert und finanziert wurde der Versand und das Gewinnspiel von der Stadt Bad Wildungen, federführend hier der Umweltbeauftragte der Stadt, Herr Robert Hilligus.

2.5 Szenarien

Die Ermittlung des **CO₂-Einsparpotentials** erfolgte auf Grundlage der im Anleitungsteil der Broschüre „Nutzung von Biomasse in Kommunen – Ein Leitfaden“ (BMU, 2003) für die einzelnen Energieträger angegebenen Emissionswerte. Anhand des über die Haushaltsbefragung ermittelten „Wärmebereitstellungsmixes¹²“ der Stadt Bad Wildungen konnte ein spezifischer Emissionsfaktor in g CO₂ pro kWh für die Stadt ermittelt werden. Durch Multiplikation des Emissionsfaktors mit dem aus der Potentialermittlung errechneten Energiegehaltes ergibt sich das CO₂-Einsparpotential für die Stadt.

Die Berechnung des **Beschäftigungseffektes** bei einer vollständigen Mobilisierung des regionalen Energieholzpotentials erfolgte mit Hilfe von Begleitmaterial (CDROM) des Projektes „Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse“ des ÖKO-INSTITUTES (2004). In dieser Studie werden Szenarien zur verstärkten energetischen Biomassennutzung in Deutschland entwickelt, um die daraus resultierenden Umwelteffekte, Kosten und eben auch Beschäftigungsbilanzen zu ermitteln. Die Möglichkeit einer effizienten Wertschöpfung aus dem Energieträger Holz soll anhand der Biomasseheizwerke der Stiftungsforsten Haina verdeutlicht werden (ALBUS, 2003).

¹² Anteile der einzelnen Energieträger am Wärmeenergieverbrauch der privaten Haushalte

3 Grundlagen zur Holzenergie

3.1 Definition

Der Energierohstoff **Holz** wird der **Biomasse** zugeordnet. Hierzu zählen nach Definition des HOLZABSATZFONDS [5] alle rezenten Brennstoffe organischer Herkunft. Gegliedert wird die Biomasse in biogene Flüssigbrennstoffe, gasförmige Brennstoffe und **Festbrennstoffe**. Biogene Festbrennstoffe sind die Brennstoffe, die zum Zeitpunkt ihrer energetischen Nutzung in fester Form vorliegen. Zu dieser Kategorie zählt neben der halmgutartigen auch die holzartige Biomasse, soweit das Holz energetisch genutzt wird. Zusätzlich werden diese beiden Sektoren in „**Energiepflanzen**“ und „**Rückstände**“ unterteilt. Nach dieser Systematik gehören nur gezielt zur Energiegewinnung angebaute Pflanzen zu den „Energiepflanzen“, im Bereich der holzartigen Biomasse also nur Baumarten aus Kurzumtriebsplantagen. Der gesamte andere Bereich der vorkommenden und technisch nutzbaren holzartigen Biomasse wird dem Bereich der „Rückstände“ zugerechnet.

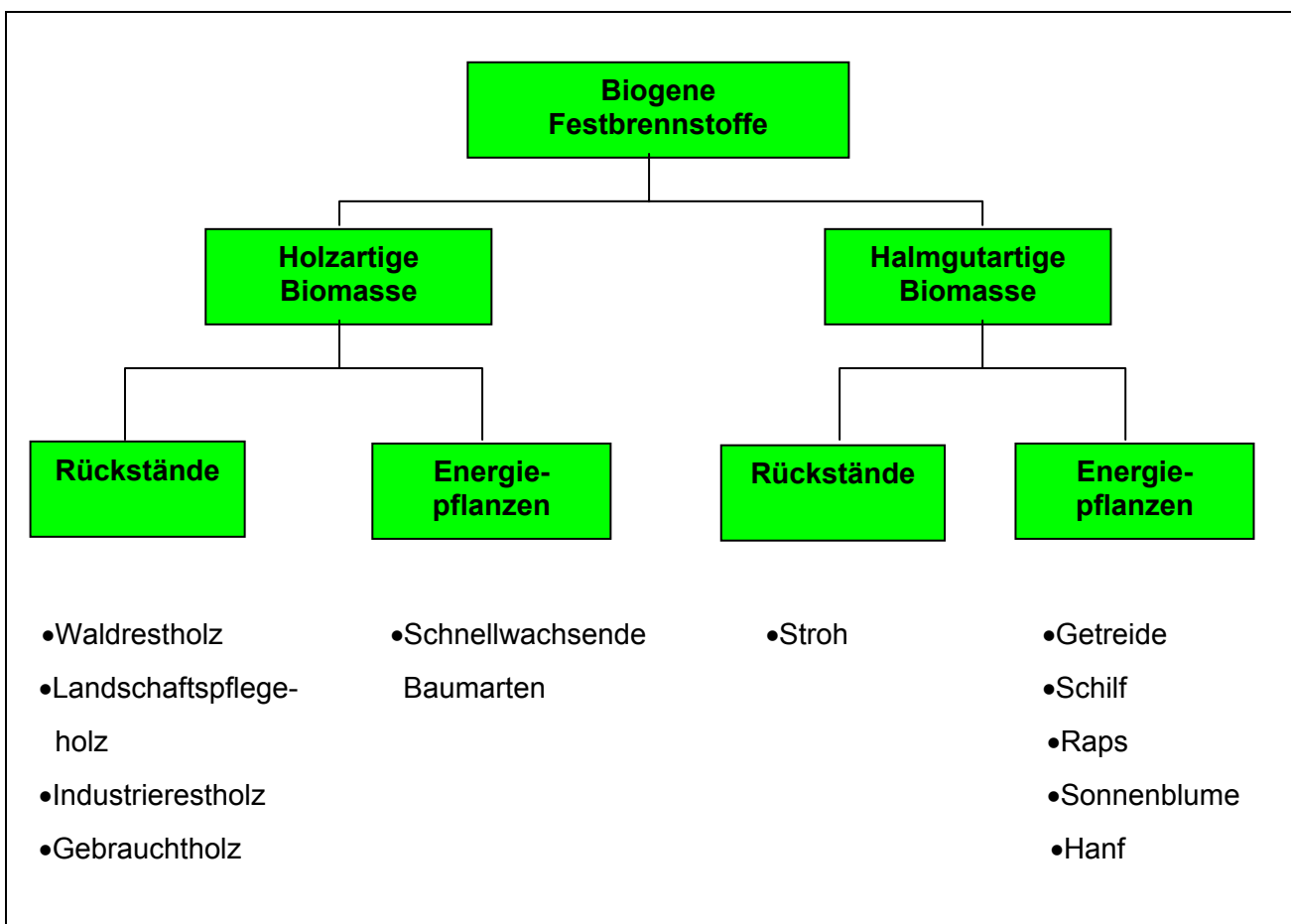


Abbildung 9: Systematik der biogenen Festbrennstoffe (modifiziert nach HOLZABSATZFONDS [6])

3.2 Fraktionen der holzartigen Biomasse

3.2.1 Durchforstungs- und Waldrestholz

Bei der Bereitstellung hochwertigen Stammholzes für die stoffliche Nutzung fallen minderwertige Sortimente und Rückstände an, die ohne Einschränkung als Brennholz genutzt werden können. Hierzu zählen bei Hiebsmaßnahmen anfallende Resthölzer (Kronenmaterial, X-Holz, etc.) - der sogenannte Schlagabraum - sowie Holz aus der Pflege junger Bestände (Industrieholzsortimente). Zusätzlich kann noch ein Teil des bislang ungenutzten Holzzuwachses energetisch genutzt werden.

3.2.2 Energiewälder

Der Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen und sonstigen Brachflächen stellt eine weitere Fraktion des Energieholzes dar. Geeignete Baumarten, zum Beispiel Weiden oder Pappeln, werden als Stecklinge gepflanzt und können nach wenigen Jahren (meist weniger als 10 Jahre) geerntet werden.

3.2.3 Landschaftspflegeholz

Das Landschaftspflegeholz beinhaltet Holz, das bei der Pflege von Bäumen und Sträuchern außerhalb des Waldes anfällt. Heckenschnitt aus der Landschaftspflege, Material aus der Pflege von Straßenbegleitgehölzen und Gehölzschnitt aus Städten und Gemeinden wären hier zu nennen. Durch die alternative Notwendigkeit der gebührenpflichtigen Entsorgung in Deponien oder Kompostierungsanlagen bietet sich die Nutzung des Landschaftspflegeholzes zur Energiegewinnung förmlich an.

3.2.4 Altholz

Als Altholz wird im Sinne des §2 der Altholzverordnung Industrierestholz und Gebrauchtholz bezeichnet. Industrierestholz fällt in Holzverarbeitungsbetrieben sowie in Betrieben der Holzwerkstoffindustrie an und enthält überwiegend (mehr als 50 Masseprozent) Holz. Als Gebrauchtholz werden Erzeugnisse aus Massivholz, Holzwerkstoffen oder aus Verbundstoffen bezeichnet, die überwiegend (mehr als 50 Masseprozent) aus Holz bestehen (KESSLER et al., 2003).

Während man bei den vorherigen Energieholzfraktionen uneingeschränkt von naturbelassenem, unbehandeltem Holz ausgehen kann, muss man bei den beiden Altholzsegmenten Industrierestholz und Gebrauchtholz auch mit belasteten bzw. verunreinigten Anteilen rechnen. Das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) regelt mit seinen Ausführungsverordnungen (BImSchV) die Art von Holzbrennstoffen, die in den verschiedenen Feuerungsanlagen eingesetzt

werden dürfen (Ziffern 3 – 8). Um die Umweltverträglichkeit bei einer energetischen Nutzung zu gewährleisten, wurde die Altholzverordnung eingeführt, die die Holzbrennstoffe hinsichtlich ihrer Belastung/Verunreinigung in vier (fünf) verschiedene Kategorien von A I bis A IV einordnet (HARTMANN, 2003).

Tabelle 1: Altholzkategorien gemäß AltholzV (KESSLER et al., 2003)

Kategorie	Erläuterung	Beispiele
A I	Nicht behandeltes Holz Naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verarbeitung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde	<ul style="list-style-type: none"> • Vollholzmöbel • Europaletten • Obstkisten • Verschnitt, Späne aus Vollholz
A II	Behandeltes Altholz Verleimtes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Paletten aus Holzwerkstoffen • Dielen, Verschalungen aus dem Innenausbau • Verschnitt, Späne von Holzwerkstoffen
A III	Belastetes Altholz Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Sperrmüll (Mischsortiment)
A IV	Besonders belastetes Holz Mit Holzschutzmitteln belastetes Holz, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht in die Kategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann	<ul style="list-style-type: none"> • Bahnschwellen • Leitungsmasten • Rebpfähle
PCB-Altholz	Altholz, das PCB im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung ist	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmplatten • Schallschutzplatten

Unbelastetes Altholz der Kategorie A I kann uneingeschränkt in den für diese Arbeit relevanten Anlagengrößen von unter 1 MW Nennwärmeleistung eingesetzt werden. Der Nutzer des Holzes muss lediglich durch Sichtkontrolle, Geruchsprüfung und ggf. Sortierung dessen Unbedenklichkeit bei der Verbrennung feststellen (HARTMANN, 2003).

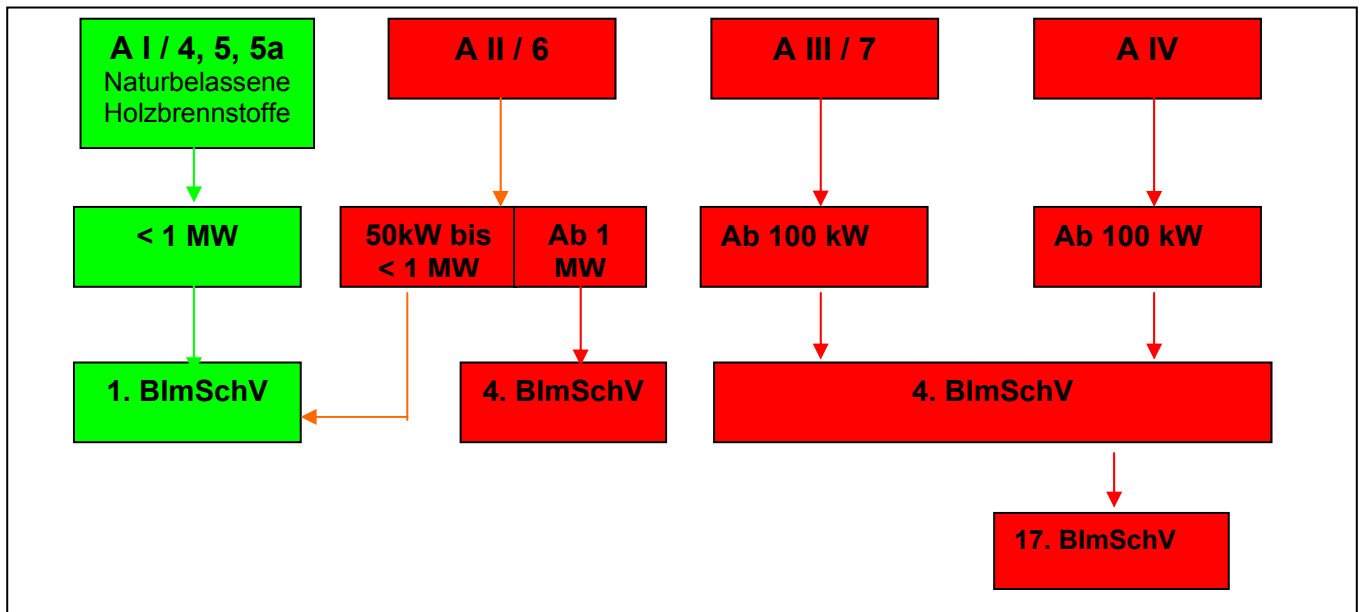


Abbildung 10: Verbindung der AltholzV zur BImSchV (modifiziert nach HARTMANN, 2003)

3.3 Physikalische Grundlagen

3.3.1 Heizwert und Brennwert

Die Maßeinheit für die Wärmeenergie ist Joule (J). In der Praxis findet man allerdings häufiger den Begriff der Kilowattstunde (kWh). Zwischen beiden Einheiten besteht folgender Zusammenhang:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Joule (J)} &= 1 \text{ Wattsekunde (Ws)} \\ 3600 \text{ Kilojoule (kJ)} &= 3,6 \text{ Megajoule (MJ)} = 1 \text{ Kilowattstunde (kWh)} \\ 3.600 \text{ MJ} &= 1000 \text{ kWh} = 1 \text{ Megawattstunde (MWh)} \end{aligned}$$

In der Heiztechnik wird der Energiegehalt eines Brennstoffes durch den unteren Heizwert (H_u) angegeben, gemessen in Megajoule pro Kilogramm (MJ/kg) oder in Kilowattstunde pro Kilogramm (kWh/kg). Der untere **Heizwert** (H_u) hängt im Wesentlichen von drei **Einflussgrößen** ab: dem **Wassergehalt**, der **chemischen Zusammensetzung** und der **Dichte** des Brennstoffes. Nach Definition der „Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe“ (FNR; HARTMANN, 2003) beschreibt der untere Heizwert (H_u) die Wärmemenge, die bei der vollständigen Verbrennung eines Brennstoffes ohne Berücksichtigung der Kondensationswärme (Verdampfungswärme) des im Abgas befindlichen Wasserdampfes freigesetzt wird. Der Heizwert reduziert sich also um den Energiebetrag, der für die Verdampfung des im Holz befindlichen Wassers benötigt wird (Kondensationsverlust). Die Verdampfungswärme für 1 kg Wasser beträgt ca. 0,68 kWh (= 2,44 MJ). Es wird somit unterstellt, dass der bei der Verbrennung freigesetzte Wasserdampf dampfförmig bleibt und das die Wärmemenge, die bei einer eventuellen Kondensation durch eine Abgasabkühlung frei werden könnte, nicht nutzbringend verwendet wird.

Berechnung des Heizwertes H_u der feuchten Gesamtsubstanz

$$H_{u(w)} = \frac{H_{u(wf)} \times (100 - W) - 2,44 \times W}{100}$$

mit	$H_{u(w)}$	Heizwert des Holzes (in MJ/kg) bei einem Wassergehalt W
	$H_{u(wf)}$	Heizwert der wasserfreien Substanz in MJ/kg
	2,44	Verdampfungswärme des Wassers in MJ/kg bezogen auf 25°C
	W	Wassergehalt in %

Im Gegensatz zum Heizwert wird beim oberen Brennwert (H_o) unterstellt, dass die bei der Verbrennung eines Stoffes freiwerdende Kondensationswärme des Wasserdampfes genutzt wird. Für diese Rückkondensation benötigt man allerdings so niedrige Temperaturen des Wärmenutzungssystems, dass die Abgase unterhalb des Taupunktes abkühlen. Bei den biogenen Festbrennstoffen liegt der Brennwert H_o im Schnitt 7 % über dem Heizwert H_u . So steigt zum Beispiel der Brennwert von Rinde gegenüber dem Heizwert um 6 %, der von Holz um 7 %. Die Werte beziehen sich auf die Verbrennung im absolut trockenen Zustand, im feuchten Zustand steigt die Energieausbeute sogar noch. Gleichwohl ist diese Technik der Wärmerückgewinnung aufgrund der höheren Investitionskosten bei Biomasseheizanlagen noch sehr selten. Darum rechnet man üblicherweise ausschließlich mit dem unteren Heizwert H_u .

Berechnung des Brennwertes H_o der feuchten Gesamtschubstanz:

$$H_o(w) = \frac{H_o(wf) \times (100 - W)}{100}$$

mit $H_o(w)$ Brennwert des Holzes (in MJ/kg) bei einem Wassergehalt W
 $H_o(wf)$ Brennwert der Holzrockensubstanz (in MJ/kg) im „wasserfreien“ Zustand
 W Wassergehalt in %

Umrechnung des Heizwertes H_u in den Brennwert H_o :

$$H_o(wf) = H_u(wf) + 0,22H$$

mit $H_o(wf)$ Brennwert der Holzrockensubstanz (in MJ/kg) im „wasserfreien“ Zustand
 $H_u(wf)$ Heizwert der wasserfreien Substanz in MJ/kg
0,22 Konstante, die die Verdampfungswärme des Wassers und stöchiometrische Koeffizienten beinhaltet, in MJ/kg
 H Wasserstoffgehalt der wasserfreien Substanz in % der Masse

3.3.2 Abhängigkeit des Heizwertes von der chemischen Zusammensetzung

Der **Heizwert** der biogenen Festbrennstoffe und damit auch der verschiedenen Holzarten wird von der **chemischen Zusammensetzung** nur **unwesentlich beeinflusst**. Weitaus höher ist der noch zu beschreibende Einfluss des Wassergehaltes auf den Heizwert. Aus diesem Grund werden die Heizwerte der Holzarten im absolut trockenen Zustand ($H_u(wf)$) angegeben und verglichen. Der **Heizwert** $H_u(wf)$ von **Nadelholz** liegt mit **18,8 MJ/kg** um ca. 2 % höher als der von **Laubholz** mit **18,4 MJ/kg**. Dieser geringfügige Unterschied, sowie der ebenfalls um rund 2 % höhere Heizwert der reinen Nadelholzrinde (19,2 MJ/kg) verglichen mit naturbelassenem Nadelholz ist mit den höheren Lignin- und Harzgehalten der Nadelhölzer und besonders deren Rinde zu begründen. Die Heizwerte von Lignin und Harz werden mit 28,8 MJ/kg bzw. 35,9 MJ/kg angegeben. Demgegenüber liegt der Heizwert von Cellulose bei 17,3 MJ/kg, der von Holzpolyosen bei 16,2 MJ/kg.

3.3.3 Heizwert in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Der **Wassergehalt** besitzt einen **erheblichen Einfluss** auf den **Heizwert** biogener Festbrennstoffe, demnach auch auf Holz. Da wasserfreies Holz natürlicherweise nicht vorkommt, verdampfen bei der Verbrennung mehr oder weniger große Wassermengen. Die für die Verdunstung des Wassers benötigte Wärmeenergie von 2,44 MJ/kg reduziert den Heizwert der Holz trockenmasse genau um diese Konstante. Zusätzlich verringert sich mit steigendem Wassergehalt auch die Holz trockenmasse, der eigentliche „Brennstoff“. Der im **Zusammenhang** mit **Energieholz** übliche Begriff des **Wassergehaltes** darf bei der Berechnung allerdings nicht mit dem in der Holzwirtschaft ausschließlich verwendeten Begriff der Holzfeuchte verwechselt werden.

Der **Wassergehalt** des Holzes ist der prozentuale **Anteil** des **Wassers** an der **Gesamtmasse**, während die **Holzfeuchte** den **Anteil** des **Wassers** zum **Darrgewicht** darstellt:

$$\text{Wassergehalt } W [\%] = \frac{\text{Gewicht des Wassers}[\text{kg}]}{\text{Gewicht des feuchten Holzes}[\text{kg}]} \times 100$$

$$\text{Holzfeuchte } U [\%] = \frac{\text{Gewicht des Wassers}[\text{kg}]}{\text{Gewicht des trockenen Holzes}[\text{kg}]} \times 100$$

Umrechnung von Wassergehalt und Holzfeuchte:

$$U = \frac{100 \times W}{100 - W} \quad W = \frac{100 \times U}{100 + U}$$

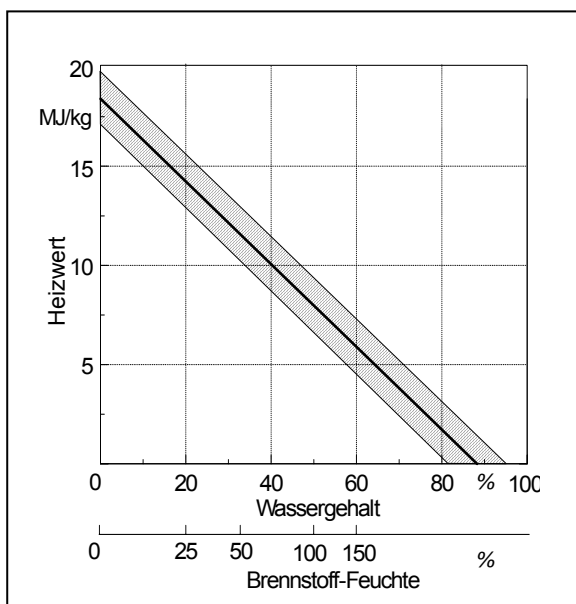


Abbildung 11 zeigt den engen **Zusammenhang** zwischen dem **Heizwert** und dem **Wassergehalt**. Man erkennt, dass der **Heizwert linear** mit zunehmendem Wassergehalt bzw. steigender Holzfeuchte **abnimmt**. Er liegt im absolut trockenen Zustand bei rund 19 MJ/kg und reduziert sich bis zum Wassergehalt von 88 % auf null. Die lineare Abnahme des Heizwertes liegt neben den Kondensationsverlusten primär natürlich an dem proportionalen Verlust der Holz trockenmasse bei gleichzeitigem Anstieg des Wasseranteils pro Masseinheit (kg).

Abbildung 11: Heizwert in Abhängigkeit vom Wassergehalt (HARTMANN, 2003)

Typische Wassergehalte von Holzbrennstoffen:

Mit Hilfe der Heizwertformel sind einige **charakteristische Wassergehalte** bezüglich ihres Heizwertes berechnet worden. Normalerweise kann bei „**gut luftgetrocknetem**“¹³ Holz von Wassergehalten zwischen 18 und 25 % ausgegangen werden. „**Waldfrisches**“ Holz kann Wassergehalte von 50 % und mehr besitzen, entsprechend geringer sind dann die Heizwerte. Der Wassergehalt von „**lufttrockenem**“ Holz schwankt im Gleichgewichtszustand, je nach Jahreszeit, zwischen 12 und 18 %. In Tabelle 2 sind verschiedene Wassergehalte und die entsprechenden Heizwerte zusammengefasst.

Tabelle 2: Heizwerte von Holz bei unterschiedlichen Wassergehalten¹⁴

Zustand des Holzes	Holzfeuchte U in %	Wassergehalt W in %	Heizwert H _u (w) in MJ	Heizwert H _u (w) in kWh
„waldfrisch“	100 – 150	50 – 60	8,1 – 6,0	2,3 – 1,7
einen Sommer gelagert = „sommertrocken“	33 – 54	25 – 35	13,3 – 11,2	3,7 – 3,1
mehrere Jahre gelagert = „gut lufttrocken“	22 – 33	18 – 25	14,8 – 13,3	4,1 – 3,7
lufttrockenes Holz	14 – 22	12 – 18	16,1 – 14,8	4,5 – 4,1

3.3.4 Heizwert bzw. Energiegehalt in Abhängigkeit von der Dichte

Tabelle 3: Darrdichten einiger ausgewählter Baumarten (HARTMANN, 2003)

Weichhölzer (bis 0,55 g/cm ³)		Harthölzer (über 0,55 g/cm ³)	
Fichte	0,41	Eiche	0,67
Kiefer	0,51	Buche	0,68
Douglasie	0,47	Bergahorn	0,59
Lärche	0,55	Esche	0,67
Linde	0,52	Birke	0,64
Pappel	0,41	Hainbuche	0,75
Weide	0,52	Ulme	0,64

Neben dem Wassergehalt spielt auch die Dichte (Quotient aus Masse und Volumen, gemessen in g/cm³ bzw. kg/m³) der verschiedenen Baumarten für die Berechnung des Energiewertes eine wichtige Rolle. Obwohl der Energiegehalt pro Masseneinheit (kg) für die einzelnen Baumarten nur wenig differiert, schwankt der Heizwert pro Volumeneinheit doch erheblich. Ursache hierfür sind die unterschiedlichen

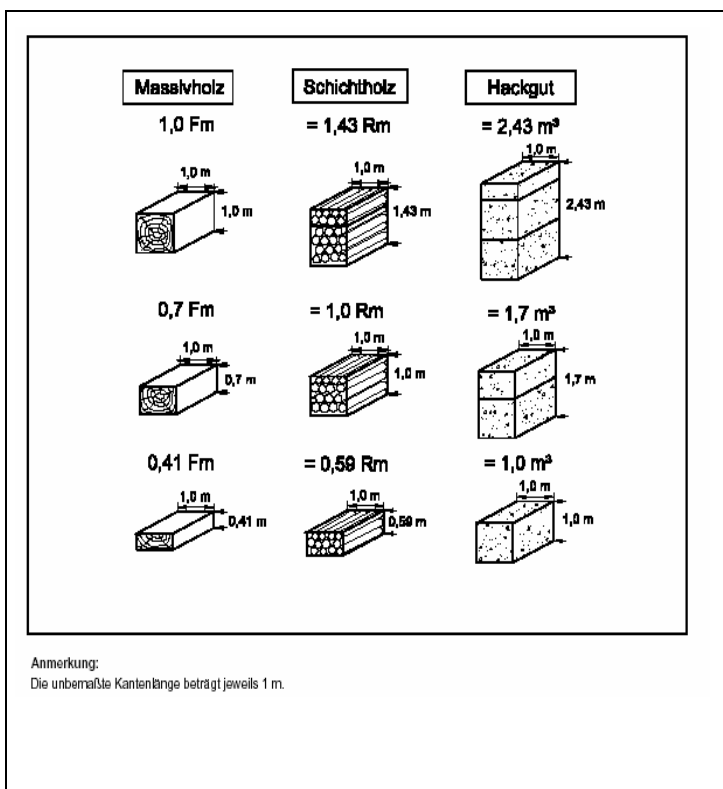
Rohdichten (kg/m³) der Baumarten. Aufgrund der **hygroskopischen** (wasseranziehenden) Eigenschaft des Holzes korreliert die **Dichte** stark mit der jeweiligen **Holzfeuchte**. In der Literatur findet man häufig den Begriff der Darrdichte. Die **Darrdichte** beschreibt Masse und Volumen von **absolut trockenem Holz**, also bei einer Holzfeuchte U = 0 %.

¹³ Lufttrocken ist ein nicht genormter Fachbegriff: Feuchtegehalt von Holz, das so lange freiluftgelagert wurde, bis keine größere Feuchteänderung mehr eintritt.

¹⁴ Als Berechnungsgrundlage dient der über alle Baumarten gemittelte Heizwert H_u (wf) von 18,6 MJ/kg.

Durch **Aufsättigung** des Holzes mit Wasser bis zum **Fasersättigungspunkt**¹⁵ (ca. 19 – 25 % Wassergehalt) erhöht sich das Volumen um das sogenannte **Quellmaß**. Dieses Phänomen des Quellens hat entsprechende Auswirkungen auf die Dichte des feuchten Holzes. Die **Volumenvergrößerung** durch Quellen beträgt bei der **Buche 17,9 %**, bei der **Eiche 12,2 %** und bei **Fichte und Kiefer 11,9 %** bzw. **12,2 %**. Da Holz in der Natur nie im absolut trockenem Zustand vorkommt, rechnet man in der Praxis nicht mit der „Darrdichte“, sondern mit der Holzdichte ohne Schrumpfungseffekte. Diese sogenannte **Raumdichte** beschreibt die Masse des absolut trockenen Holzes im Verhältnis zum Volumen im fasergesättigten, gequollenen Zustand. Raumdichte und Darrdichte sind also über das Quell- bzw. Schwindmaß unmittelbar miteinander verbunden. Beispielsweise liegt dann die Raumdichte der Buche bei 558 kg/m³ (Rechnung: Darrdichte 680 kg/m³ - 17,9 % Schwindmaß = 558 kg/m³). Bei der Eiche liegt der Wert aufgrund des geringeren Schwindmaßes bei 588 kg/m³. Anhand der Raumdichte der verschiedenen Baumarten kann man mit Hilfe der folgenden Gleichungen die Raumgewichte („Frischmassen“) bei unterschiedlichen Wassergehalten (F_N = Wassergehalt als Dezimalbruch) errechnen:

Frischmassedichte: $\rho^F = \frac{\rho^{TM}}{1 - F_N}$; **Trockenmassedichte:** $\rho^{TM} = \rho^F \times (1 - F_N)$



Zur Erinnerung werden zunächst noch einmal die in der Forstwirtschaft gebräuchlichen Volumeneinheiten dargestellt. Die gängigen Volumeneinheiten in der Forstwirtschaft sind der **Festmeter** (Fm) für 1 m³ Rundholz (Massivholz) und der **Raummeter** (Rm) für geschichtetes Holz bis 3 m Länge unter Einschluss der Luftzwischenräume. Für geschüttetes kleinstückiges Holz, wie zum Beispiel Hackschnitzel, wurde die Einheit **Schüttmeter** (SRm) eingeführt. Dieses Maß tritt häufig im Zusammenhang mit Energieholz auf. Die Umrechnungsfaktoren zwischen den Volumeneinheiten verdeutlicht Abbildung 12.

Abbildung 12: Umrechnungsfaktoren für die forstlich gängigen Volumeneinheiten (HARTMANN, 2003)

¹⁵ Der Fasersättigungspunkt ist abhängig von der Baumart.

In Tabelle 4 sind die Frischmassen verschiedener Holzarten und Aufbereitungsformen (Festmeter, Raummeter, Schüttraummeter) in Abhängigkeit vom Wassergehalt berechnet. Mit Hilfe der Frischmassen kann man nun durch Multiplikation mit dem jeweiligen Heizwert der feuchten Holzsubstanz den Energiegehalt in MJ oder kWh pro Volumeneinheit ermitteln.

Tabelle 4: Raumgewichte¹⁶ verschiedener Baumarten in Abhängigkeit vom Wassergehalt (HARTMANN, 2003)

Wassergehalt W(%)	Buche			Eiche			Fichte			Kiefer		
	Fm	Rm	SRm	Fm	Rm	SRm	Fm	Rm	SRm	Fm	Rm	SRm
Frischmasse in kg												
0	558	390	230	588	411	242	361	253	149	448	314	184
10	620	434	255	654	457	269	401	281	165	498	349	204
15	657	459	270	692	484	285	425	297	175	527	369	216
20	698	488	287	735	514	303	452	316	186	560	392	230
30	798	558	328	840	588	346	516	361	212	640	448	262
40	930	651	383	980	686	403	602	421	248	747	523	306
50	1117	781	459	1177	823	484	722	505	297	896	627	367

Um einen Vergleich des Energierohstoffes Holz mit anderen Energieträgern zu ermöglichen, sind Äquivalenzwerte ein anschauliches Instrument. Am häufigsten wird der Vergleich mit dem fossilen Energieträger Heizöl herangezogen, das sogenannte **Heizöläquivalent**. Der Heizwert eines Liters Öl beträgt ca. 36 MJ (= 10 kWh). Wie bereits dargestellt, besitzt 1 kg Holz bei einem Wassergehalt von 20 % einen Heizwert von 14,4 MJ (= 4,0 kWh). Ein Liter Öl kann demnach durch 2,5 Kilogramm „gut lufttrockenem“ Holz ersetzt werden. Anhand der dargestellten Beziehungen zwischen Heizwert und Wassergehalt, Darrdichte und Raumgewicht ist es nun möglich, die Energiegehalte bzw. Heizöläquivalente verschiedener Holzsortimente zu berechnen. In Tabelle 5 sind die Energiegehalte der beiden Baumarten Buche und Fichte bei unterschiedlichen Aufbereitungsformen und Wassergehalten zusammengestellt.

Bei genauerer Betrachtung der Heizwerte fällt auf, dass der Einfluss der **Trocknung** auf die Volumen bezogene **Energieausbeute** vergleichsweise **gering** ist. In der Praxis wird der Einfluss des geringeren Wassergehaltes allerdings häufig überschätzt, da man einen ähnlich linearen Zusammenhang wie beim Masse bezogenen Heizwert erwartet. Dies ist aber ein Trugschluss, da im Gegensatz zum Masse bezogenen Heizwert beim Volumen bezogenen Heizwert ja nicht die

¹⁶ Die Werte wurden aus der oben genannten Quelle entnommen. Bei einer genauen Berechnung fällt auf, dass die Zahlen zum Teil mathematisch falsch gerundet wurden bzw. alle Werte aufgerundet wurden.

Trockenmasse, also der eigentliche Brennstoff abnimmt. Somit reduziert sich der Volumen bezogene Heizwert allein um das Produkt des Wassergehaltes in kg multipliziert mit dem Faktor 2,44 MJ. Pauschal kann man feststellen, dass die Trocknung von Volumen bezogenen Brennholzsortimenten nur bei sehr hohen Wassergehalten eine wesentliche Heizwertsteigerung erwarten lässt. So steigt die Energieausbeute eines „waldfrischen“ Raummeters Buchenscheitholz durch Trocknung von 50 % auf 18 % Wassergehalt um 13 %, von 6.248 MJ auf 7.058 MJ.

Tabelle 5: Energiegehalte von Buche und Fichte bei unterschiedlichen Aufbereitungsformen und Wassergehalten (HARTMANN, 2003)

Übersicht über verbrennungstechnische Daten von Energieholz bei typischen Wassergehalten			Wasser-Gehalt	Frisch-Masse	Heizwert ¹⁷	Energieinhalt		Heizöl-äquivalent
			in %	in kg	in MJ/kg	MJ	kWh	in l
Scheitholz (bezogen auf 1 Rm)	Hartholz (Buche)	lufttrocken	18	476	14,6	6 950	1 930	193
		sommertrocken	30	558	12,1	6 752	1 876	188
		waldfrisch	50	781	8,0	6 248	1 736	174
	Weichholz (Fichte)	lufttrocken	18	308	15,0	4 620	1 283	128
		sommertrocken	30	361	12,4	4 476	1 243	124
		waldfrisch	50	505	8,2	4 141	1 150	115
Hackgut (bezogen auf 1 m ³)	Hartholz (Buche)	lufttrocken	18	283	14,6	4 132	1 148	115
		sommertrocken	30	329	12,1	3 981	1 106	111
		waldfrisch	50	464	8,0	3 712	1 031	103
	Weichholz (Fichte)	lufttrocken	18	202	14,9	3 010	836	84
		sommertrocken	30	237	12,4	2 939	816	82
		waldfrisch	50	332	8,1	2 689	747	75
Gewichtsmaße allg. (bezogen auf 1 t)	Hartholz (Buche)	lufttrocken	18	1 000	14,6	14 600	4 056	406
		sommertrocken	35	1 000	11,1	11 100	3 083	308
	Weichholz (Fichte)	lufttrocken	18	1 000	14,9	14 900	4 139	414
		sommertrocken	35	1 000	11,3	11 300	3 139	314

¹⁷ Heizwerte Hu(wf):
Buche 18,4 MJ/kg
Fichte 18,8 MJ/kg

3.4 Der Potentialbegriff

In vielen Studien, die sich mit der energetischen Nutzung des Holzes beschäftigen, nehmen Angaben über mobilisierbare Potentiale einen erheblichen Raum ein (vgl. SCHNEIDER, 2001; BUNK und MAURER, 2003; MARUTZKY und SEEGER, 1999 oder HARTMANN, 2003). Häufig werden von den Autoren aber unterschiedliche Potentialbegriffe verwendet, die einen Vergleich zwischen den in den Studien angegebenen Werten erheblich erschweren. Nach MÜLLER (2002) sollte man generell zwischen vier Potentialdefinitionen unterscheiden. Aus diesem Grund werden diese vier Potentialbegriffe im Folgenden kurz erläutert und ihre Beziehung untereinander erklärt.

Das **theoretische Potential** beschreibt das maximal verfügbare Energieangebot an Holz, also die gesamte nach den physikalischen Gesetzmäßigkeiten enthaltene Energie aus holzartiger Biomasse einer Region. Eine nachhaltige Forstwirtschaft vorausgesetzt, entspricht das theoretische Potential dem Holzzuwachs innerhalb einer definierten Wachstumsperiode.

Das **technische Potential** beschreibt den Teil des theoretischen Potentials, der unter Berücksichtigung des technischen Entwicklungsstandes und der geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen genutzt werden kann. Als klassische technische Restriktion der Holznutzung wird häufig die Ernte in Steilhängen genannt, eine gesetzliche Beschränkung stellt zum Beispiel der Naturschutz¹⁸ dar. Dabei sind sowohl der Stand der Technik als auch die Gesetzeslage variable Größen, die sich im Laufe der Zeit verändern können.

Unter dem **wirtschaftlichen Potential** versteht man den Teil des technischen Potentials, dessen Erschließung unter den aktuellen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen profitabel erscheint. Für die Holzenergie stellt sich somit die Frage, ob die Erlöse für das Energieholz die Kosten der Produktion (Rohstoff, Aufarbeitung, Transport) decken und ein Gewinn erzielt werden kann. Vor allem die Preisentwicklung der fossilen Energieträger wird die Größe des wirtschaftlichen Potentials an Energieholz stark beeinflussen. Je stärker der Ölpreis steigt, desto interessanter wird die Aufbereitung bislang unprofitabler Sortimente oder ungenutzter Hiebsrückstände zu Brennholz.

Das **erschließbare** oder **mobilisierbare Potential** beschreibt letztendlich jenen Teil des wirtschaftlichen Potentials, der auch wirklich in absehbarer Zeit genutzt wird. Häufig stellt das erschließbare Potential an Energieholz nur eine Teilmenge des wirtschaftlichen Potentials dar, obwohl die ökonomischen als auch die politischen Rahmenbedingungen eine stärkere Ausschöpfung erwarten lassen. Mit der Initiierung eines „Regionalmarktes Holzenergie“ soll unter anderem die Ausweitung des mobilisierbaren Potentials angeregt werden (siehe Kapitel 1.2).

¹⁸ So ist zum Beispiel eine geregelte Forstwirtschaft in den Kernzonen einiger Nationalparke untersagt.

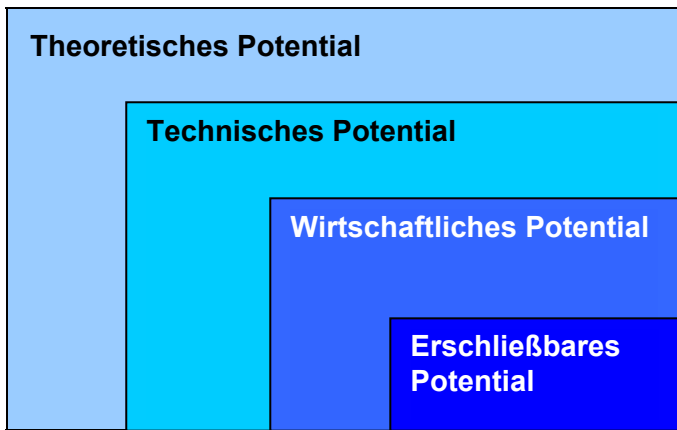


Abbildung 13 zeigt, dass die Größenordnung vom theoretischen über das technische und wirtschaftliche Potential bis zum erschließbaren Potential kontinuierlich abnimmt. Als Einziges der vier Potentiale ist das theoretische Potential in seiner Ausprägung langfristig konstant, während die anderen drei von einer Vielzahl variabler und zum Teil subjektiver Faktoren abhängig sind.

Abbildung 13: Die verschiedenen Potentialbegriffe (MÜLLER, 2002)

Die vorliegende **Arbeit konzentriert** sich bei der Ermittlung des Energieholzpotentials auf das **technische**, also momentan technisch nutzbare **Potential**. Begründet wird dies mit der Annahme, dass sich vor dem Hintergrund der tendenziellen Verknappung und Verteuerung¹⁹ fossiler Energieträger das wirtschaftliche Potential an Energieholz stark erweitern wird. Die aktuell bestehende Differenz zwischen technischem und wirtschaftlichem Potential wird sich aus diesem Grund innerhalb eines überschaubaren Zeitraumes angleichen.

Laut MÜLLER (2002) muss in diesem Zusammenhang auch zwischen einer volks- und einer betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise unterschieden werden, da die externen²⁰ Kosten der konkurrierenden fossilen Energieträger sonst keine Berücksichtigung fänden. Nach Auffassung des Autors sind die volkswirtschaftlichen Kosten der fossilen Energiepolitik, bedingt durch Umweltschäden und Klimaveränderungen, in einer wirtschaftlichen Gesamtrechnung zu berücksichtigen. Damit würden auch die momentan aus betriebswirtschaftlicher Sicht „unwirtschaftlichen“ Potentiale der Holzenergie durchaus wirtschaftlich. Zudem muss man davon ausgehen, dass sich das politische Umfeld und die gesellschaftliche Akzeptanz für erneuerbare Energieträger weiter positiv gestalten werden, so dass mit einer gesteigerten Nachfrage auch ein Ausbau des Angebots an Holzbrennstoffen einhergehen wird und sich somit die Differenz zwischen wirtschaftlichem und technischem Potential weiter verkleinern wird.

¹⁹ Nach Berechnungen des Hamburger Weltwirtschaftsinstituts (HWWI) wird der Rohölpreis bis 2030 auf über 120 US\$ pro Barrel steigen [7].

²⁰ Dazu gehören laut MÜLLER (2002) Kosten für Umweltschäden und Naturkatastrophen, die sich in der Dekade von 1990 – 1999 weltweit auf 607 Mrd. US\$ beliefen [8].

3.5 Die verschiedenen Energieformen

Die Nutzbarmachung der in den verschiedenen Energieträgern gebundenen Energie und ihr Transport zum Verbraucher ist mit einigen Verlusten verbunden. Demzufolge kann nicht die gesamte **Primärenergie**, die in den natürlich vorkommenden und noch nicht aufbereiteten Energieträgern wie zum Beispiel Erdöl, Erdgas und eben auch Holz gespeichert ist, genutzt werden. Durch den Aufbereitungsprozess der Primärenergieträger, zum Beispiel die Konfektionierung des Sortiments Industrieholz-lang (IL) in Stückholz oder die Veredelung von Erdöl zu Heizöl, entsteht die sogenannte **Sekundärenergie**. Weitere Verarbeitungs-, Verteilungs- und Umwandlungsprozesse führen zur **Endenergie**. Unter Endenergieträgern werden die Energieformen verstanden, die der Endverbraucher bezieht (Heizöl im Öltank, Scheitholz im „Holzschuppen“). Der Verbraucher wandelt die Endenergie in einem letzten Umwandlungsschritt in die sogenannte **Nutzenergie** um. Erfolgt die Umwandlung in Wärme, hängt der Energieverlust dieser letzten Umwandlung entscheidend vom **Wirkungsgrad** der **Heizungsanlage** ab. Je höher demnach der Wirkungsgrad einer Heizungsanlage liegt, desto effizienter wird die Endenergie genutzt. Der Anteil der Nutzenergie an der Endenergie beschreibt also letztlich den Wirkungsgrad der **Energieumwandlung** auf **Verbraucherebene** (HARTMANN, 2003).

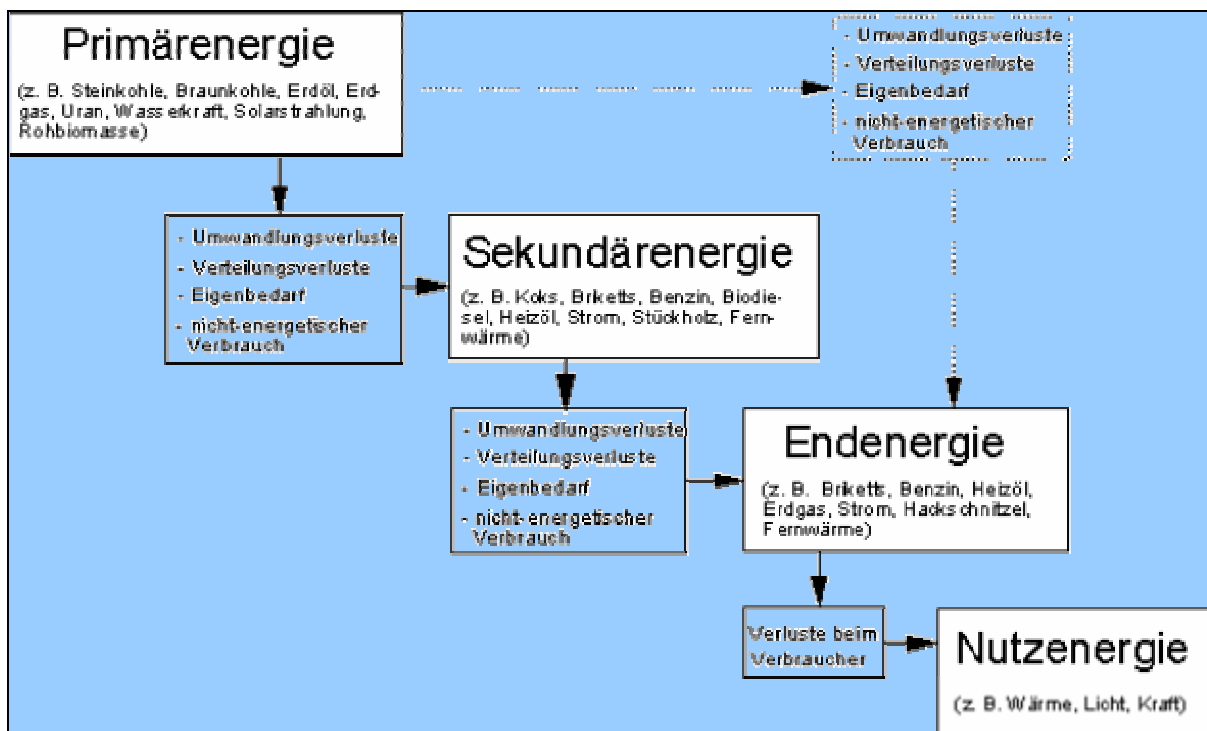


Abbildung 14: Energieumwandlungskette [9]

4 Regionale Energieholzpotentiale

4.1 Waldenergieholz

4.1.1 Waldrest- und Durchforstungsholz

WESSENDORF (2000) ermittelte für das Forstamt Bad Wildungen ein durchschnittliches jährliches Aufkommen an **Waldrest- und Durchforstungsholz** von **14.661,4 Fm** o. R.²¹ Dies entspricht einem Anteil von 36,7 % des mittleren Jahreseinschlages des Forstamtes von 40.000 Fm o. R. Das Aufkommen wird vom Autor ausschließlich als Festmaß in Fm o. R. angegeben.

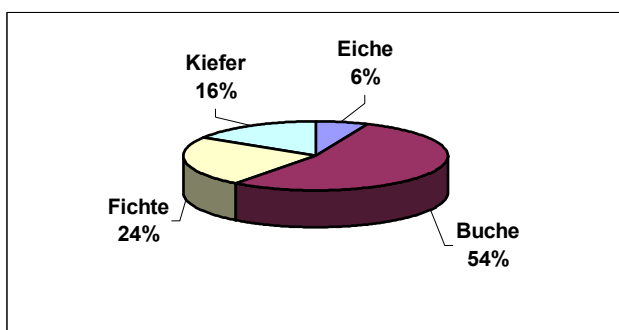


Abbildung 15 zeigt, wie sich das Aufkommen an brennholztauglichen Sortimenten auf die vier Hauptbaumarten des Forstamtes verteilt. Den größten Anteil besitzt die Buche mit 54 %, gefolgt von der Fichte mit 24 % und der Kiefer mit 16 %. Den geringsten Anteil nimmt die Eiche mit 6 % ein (Tab. 6).

Abbildung 15: Prozentuale Verteilung des Waldrest- und Durchforstungsholzes

In Tabelle 6 sind die von WESSENDORF (2000) als Festmaß angegebenen Werte für die einzelnen Baumarten mit den entsprechenden Energiegehalten dargestellt. Der Berechnung der Energiegehalte aus den Festmaßen liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- Das Holz ist lufttrocken: (Wassergehalt $W = 18\%$)
- Heizwerte H_u (wf) Buche, Eiche: 5,1 kWh/kg = 18,4 MJ/kg
- Heizwerte H_u (wf) Fichte, Kiefer: 5,2 kWh/kg = 18,8 MJ/kg

Tabelle 6: Energiegehalte²² aus dem Waldrest- und Durchforstungsholz, Region Bad Wildungen

Baumart	Volumen in Fm	Heizwert in kWh/Fm	Gesamtenergie in kWh	Gesamtenergie in MWh	Heizöl-äquivalent
Buche	7.935	2.788	22.122.780	22.123	2.212.278
Eiche	922	2.940	2.710.680	2.711	271.068
Fichte	3.461	1.848	6.395.928	6.396	639.593
Kiefer	2.344	2.293	5.374.792	5.375	537.479
Summe	14.662	/	36.604.180	36.605	3.660.418

²¹ Von WESSENDORF (2000) ermitteltes Aufkommen von 15.469 Fm an Waldrest- und Durchforstungsholz des Forstamtesgebietes ohne die Menge von 807 Fm an Energieholz von Brennstoffhändlern aus externen Gebieten

²² Eigene Berechnungen aus den von WESSENDORF (2000) ermittelten Festmaßen; Werte zum Teil gerundet

Anhand der Baumart **Buche** soll im Folgenden exemplarisch die Berechnung des in Tabelle 6 dargestellten Energiegehaltes von **22.123 MWh** aus dem Festmaß von **7.935 Fm** nachvollziehbar gemacht werden (siehe auch Kapitel 3: Grundlagen zur Holzenergie).

Buche:

- Darrdichte: 680 kg/m³
- Schwindmaß: 17,9 %
- Raumdichte: 680 kg/m³ - 17,9 % = 558 kg/m³

Frischmasse:

$$\rho_F = \frac{\rho_{TM}}{1 - F_N} \Rightarrow \rho_F = \frac{558 \text{ kg}}{1 - 0,18} \approx 680 \text{ kg} \Rightarrow \mathbf{680 \text{ kg}}$$

mit	ρ_F	Raumgewicht des Holzes (in kg) bei einem Wassergehalt W
	ρ_{TM}	Raumdicke des Holzes (in kg) bei einem Wassergehalt 0 %
	F_N	Wassergehalt als Dezimalbruch

Heizwert:

$$H_{u(w)} = \frac{H_{u(wf)} \times (100 - W) - 2,44 \times W}{100} \Rightarrow H_{u(18)} = \frac{18,4 \text{ MJ} \times (100 - 18) - 2,44 \times 18}{100} = \mathbf{14,65 \text{ MJ/kg}}$$

mit	$H_{u(w)}$	Heizwert des Holzes (in MJ/kg) bei einem Wassergehalt W
	$H_{u(wf)}$	Heizwert der wasserfreien Substanz in MJ/kg
	2,44	Verdampfungswärme des Wassers in MJ/kg bezogen auf 25°C
	W	Wassergehalt in %

Umrechnung MJ → kWh:

$$3,6 \text{ MJ} = 1 \text{ kWh} \Rightarrow \frac{14,65 \text{ MJ} / \text{kg}}{3,6} \approx 4,1 \text{ kWh} / \text{kg}$$

Energiegehalt:

Energiegehalt = Volumen x Raumgewicht x Heizwert $H_{u(18)}$

$$\Rightarrow \text{Energiegehalt} = 7.935 \text{ Fm} \times 680 \text{ kg} \times 4,1 \text{ kWh/kg} = \mathbf{22.122.780 \text{ kWh} \approx 22.123 \text{ MWh}}$$

Fazit:

Wie aus Tabelle 6 hervorgeht, liefert das **Waldrest- und Durchforstungsholz** ein Energiepotential von **36.605 MWh**. Dies entspricht einem **Heizöläquivalent** von **3,66 Millionen Litern**. Dabei wird jedoch unterstellt, dass das gesamte Aufkommen dieses Segments der energetischen Nutzung zur Verfügung steht. Es ist jedoch davon auszugehen, dass auch in Zukunft ein gewisser Anteil des Waldrest- und vor allem des Durchforstungsholzes stofflich - zum Beispiel in der Spanplatten-industrie genutzt wird. Bei einer paritätischen Aufteilung von 50 % in die energetische und stoffliche Nutzung, bleibt ein Potential an **Waldrest- und Durchforstungsholz** von **18.302 MWh**.

4.2.1 Ungenutzter Holzzuwachs

Tabelle 7: Anteile der verschiedenen Waldbesitzer an der Gesamtfläche (ANONYMUS, 1996)

Waldbesitz	Anteil an der Waldfläche in %
Domanialwald	55,1
Stadtwald Bad Wildungen	23,7
Gemeindewald	14,9
Interessentenwald	3,0
Kleinprivatwald	2,7
Staatswald	0,6
SUMME	100

Die Ermittlung des Potentials aus dem ungenutzten Holzzuwachs erfolgt anhand der **Vorratsentwicklung** des **Domanialwaldes** innerhalb der Dekade 1996 bis 2005. Der Domanialwald ist zur Bestimmung des Potentials dieses Segments insofern besonders geeignet, da er mit 55 % Flächenanteil den mit Abstand größten

Anteil in der Region einnimmt, und der Bestand an eigenen Waldarbeitern auch in Zeiten niedriger Holzerlöse eine kontinuierliche, flächendeckende Waldpflege garantiert. Eine Herleitung des Potentials anhand des Privatwaldes wäre nicht zielführend, da hier häufig eine regelmäßige Waldpflege, vor allen in Zeiten sinkender Holzerlöse, ausbleibt („Pflegerückstand“). Eine Projektion dieser Daten auf die Gesamtfläche würde das Potential somit stark überbewerten.

Die **Forsteinrichtung** hat für den Domanialwald folgende **waldmesskundliche Ergebnisse** geliefert. Die Daten basieren auf der Forsteinrichtung für das Forstamt Bad Wildungen (ANONYMUS, 1996) und dem Forsteinrichtungswerk für das Forstamt Vöhl (ANONYMUS, 2005).

Tabelle 8: Waldmesskundliche Parameter der Forsteinrichtung (ANONYMUS, 1996; ANONYMUS, 2005)

Parameter	1996					2005				
	Eiche	Buche	Fichte	Kiefer	SUMME	Eiche	Buche	Fichte	Kiefer	SUMME
Fläche in ha	496	2.515	1.282	310	4.603	540	2.784	1.598	340	5.262
Anteil in %	10,8	54,6	27,9	6,7	100	10,3	52,9	30,4	6,4	100
	Werte in VFm m.R.									
Gesamtvorrat	160.263	828.046	356.318	86.599	1.431.226	149.196	848.900	525.866	100.501	1.624.463
Iz gesamt	2.581	18.317	12.394	2.016	35.308	2.519	20.796	18.321	2.389	44.025
dGZ gesamt	2.006	16.344	12.827	1.761	32.938	2.295	18.634	16.627	2.001	39.602
Einschlagsplanung gesamt	2.824	18.371	8.032	1.627	30.854	3.045	20.740	14.676	1.829	40.290
Vorrat/ha	323	329	278	279	311	277	305	329	296	309
Iz/ha*a	5,2	7,3	9,7	6,5	7,7	4,7	7,5	11,5	7,0	8,4
dGZ/ha*a	4,0	6,5	10,0	5,7	7,2	4,3	6,7	10,4	5,9	7,5
Einschlagsplanung/ha*a	5,7	7,3	6,3	5,2	6,7	5,6	7,4	9,2	5,4	7,7

Anhand der **Vorratsentwicklung** aus Tabelle 8 wird deutlich, dass der laufende Zuwachs (Iz) in der vergangenen Dekade **vollständig abgeschöpft** wurde. So ist der **Vorrat/ha** über alle Baumarten im letzten Jahrzehnt von **311 VFm** auf **309 VFm gesunken**. Vor allem bei den Baumartengruppen Buche und Eiche sind starke Rückgänge des Holzvorrats zu verzeichnen. Bei der Buche von 329 VFm/ha auf 305 VFm/ha und bei der Eiche sogar von 323 VFm/ha auf 277 VFm/ha. Auch für das kommende Jahrzehnt sieht die Forsteinrichtung Hiebsätze für diese Baumartengruppen vor, die im Bereich des laufenden Zuwachses (Buche) oder sogar über dem laufenden Zuwachs (Eiche) liegen. Nur bei den Baumarten Fichte und Kiefer sieht die Einschlagsplanung Hiebsätze unterhalb des laufenden Zuwachses vor. Doch aufgrund der Wuchsform dieser Baumarten mit ihren geringen Industrieholzanteilen sind die zusätzlich energetisch nutzbaren Anteile als gering einzuschätzen. Es ist somit davon auszugehen, dass auch in der kommenden Dekade **kein zusätzliches Energieholzpotential** aus diesem Segment zu erwarten ist. Allerdings bedingt eine nahezu vollständige Abschöpfung des periodischen Zuwachses eine entsprechende Erhöhung des Potentials an Waldrest- und Durchforstungsholz.

4.3 Energiewälder

Zur Gewinnung von holzartiger Biomasse aus Kurzumtriebshölzern wie Weide oder Pappel kommen vor allem landwirtschaftliche Stilllegungs- und Brachflächen in Frage. Eine Ausweitung des Anbaus von Energiehölzern auf derzeit für die Nahrungsmittelproduktion genutzten Flächen erscheint aufgrund des prognostizierten Bevölkerungsrückganges im Landkreis Waldeck-Frankenberg um 8,63 % bis zum Jahr 2050 durchaus realistisch [10]. In Tabelle 9 sind denkbare Flächenpotentiale verschiedener Autoren dargestellt.

Tabelle 9: Mögliche Anteile²³ der Stilllegungsfläche an der landwirtschaftlichen Nutzfläche

Quelle	Anteil
Nach FNR (HARTMANN, 2003)	11,8 %
Nach BMU (1999)	8,8 %
Nach MARUTZKY und SEEGER (1999)	23,5 %
Nach DEIMLING et al. (2000)	11,8 %

Nach Informationen des „Amtes für ländlichen Raum“ in Korbach wurde im Jahr 2004 für insgesamt **157,02 ha** landwirtschaftliche Fläche Bad Wildungens eine Stilllegungsprämie gezahlt. Dies sind **4,16 %** der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche von **3.771 ha²⁴** und kann als konservativer Ansatz für die Berechnung des Potentials aus Energiewäldern dienen. Nimmt man als optimistische Grundlage **10 %** der landwirtschaftlichen Nutzfläche, erhöht sich das Flächenpotential für die Stadt Bad Wildungen auf **377 ha**. Realistischerweise kann man nicht davon ausgehen, dass die gesamten

²³ Zum Teil eigene Berechnungen aus den von den Autoren als absolute Flächen angegebene Werten

²⁴ Der Wert wurde ebenfalls über das Computerprogramm SESTERZ ermittelt. Die Flächenabweichung zur Angabe in 2.1.1 (4.183 ha) begründet sich in dem unterschiedlichen Erhebungszeitpunkt.

Stilllegungsflächen für die Anlage von Energiewäldern zur Verfügung stehen werden. WAGNER und WITTKOPF (2000) halten hier Anteile zwischen **10 und 50 %** für denkbar.

Tabelle 10: Ertragskennzahlen zur Herleitung des Energieholzaufkommens aus Kurzumtriebshölzern

Quelle	t TM ²⁵ /ha*a
Nach HOFMANN (1998), Balsampappel	10 - 15
Nach MÜLLER (2002), Pappel und Weide	5 - 11
Nach MARUTZKY und SEEGER (1999), Pappel	10 - 20
Nach TRAUPMANN (2004), Pappel	5,9 – 15,9
Nach TRAUPMANN (2004), Weide	6,5 – 19,8

Die möglichen Erträge von typischen Kurzumtriebshölzern pro Hektar und Jahr sind in Tabelle 10 dargestellt. Für die Ermittlung des technischen Potentials aus Energieholzplantagen wird ein mittlerer Ertrag von **10 t** Trockenmasse pro Hektar

und Jahr angenommen. Des Weiteren liegen der Rechnung²⁶ folgende Annahmen zu Grunde:

- Das Holz ist lufttrocken: (Wassergehalt W = 18 %)
- Heizwert H_u (wf) Pappel, Weide: 5,1 kWh/kg = 18,4 MJ/kg

a) Damit ergibt sich für die Region Bad Wildungen bei Annahme des konservativen Ansatzes (157,02 ha Stilllegungsfläche und 10 % Flächenanteil) ein mögliches Aufkommen an Energieholz aus Kurzumtriebshölzern von:

$$157,02 \text{ ha} \times 0,1 \times 10 \text{ t TM/ha}^* \text{a} = 157,02 \text{ t TM/a} = \mathbf{157.020 \text{ kg TM/a}}$$

b) Unterstellt man den optimistischen Ansatz von 377,1 ha und 50 % Flächenanteil, erhöht sich das Aufkommen aus Energiewäldern auf:

$$377,1 \text{ ha} \times 0,5 \times 10 \text{ t TM/ha}^* \text{a} = 1.885,5 \text{ t TM/a} = \mathbf{1.885.500 \text{ kg TM/a}}$$

Frischmasse:

$$\rho F = \frac{\rho TM}{1 - F_N} \Rightarrow \rho F = \frac{1000 \text{ kg}}{1 - 0,18} \approx 1.220 \text{ kg} \Rightarrow \mathbf{1.220 \text{ kg FM}^{27}}$$

mit ρF Raumgewicht des Holzes (in kg) bei einem Wassergehalt W
 ρTM Raumdichte des Holzes (in kg) bei einem Wassergehalt 0 %
 F_N Wassergehalt als Dezimalbruch

a) $157.020 \text{ kg TM} \times 1,22 = 191.564 \text{ kg FM}$

b) $1.885.500 \text{ kg TM} \times 1,22 = 2.300.310 \text{ kg FM}$

Heizwert:

$$H_u(18) = 14,65 \text{ MJ/kg} = \frac{14,65 \text{ MJ/kg}}{3,6} \approx 4,1 \text{ kWh/kg} \text{ (siehe 4.1.1)}$$

²⁵ TM ist die Abkürzung für Trockenmasse, dem Gewicht der absolut trockenen Holzsubstanz bei W = 0 %.

²⁶ Werte zum Teil gerundet

²⁷ FM ist die Abkürzung für Frischmasse, dem Gewicht der feuchten Holzsubstanz – hier bei W = 18 %.

Energiegehalt:

Energiegehalt = Frischmasse x Heizwert $H_u(18)$

a) Energiegehalt = 191.564 kg x 4,1 kWh/kg = 785.412 kWh \approx **785,4 MWh**

b) Energiegehalt = 2.300.310 kg x 4,1 kWh/kg = 9.431.271 kWh \approx **9.431 MWh**

Fazit:

Damit ergibt sich für die Region Bad Wildungen ein technisches Energieholzpotential aus **Energieholzplantagen** je nach Ansatz zwischen **785,4 MWh** und **9.431 MWh**. Dies entspricht einem **Heizöläquivalent** zwischen **78.540** bzw. **943.100 Litern**.

4.4 Landschaftspflegeholz

Ein weiteres Potential an holzartiger Biomasse in der Region kann aus dem Bereich der Landschaftspflege erschlossen werden. Bei Arbeiten entlang von Straßen, der Pflege von Parkanlagen (Bad Wildungen hat als Kurstadt eine Erholungsfläche von 102 ha) fällt eine bestimmte Menge energetisch verwertbaren Materials an. Hinsichtlich der hier durchzuführenden Potentialermittlung liegen dem für die Region zuständigen „**Amt für Straßen- und Verkehrswesen**“ in Bad Arolsen zwar gesicherte Daten vor, diese sind jedoch für Privatpersonen nicht zugänglich. Aus diesem Grund werden für die Berechnung des Potentials an Landschaftspflegeholz **Einwohner spezifische Bezugsgrößen** herangezogen. In Tabelle 11 sind Einwohner bezogene Richtwerte verschiedener Autoren zusammengestellt. Es wird deutlich, dass in diesem Segment innerhalb der Autoren starke Abweichungen im Ansatz bestehen. Während MARUTZKY und SEEGER (1999) für Deutschland von einem Holzaufkommen in diesem Segment von 5 kg TM je Einwohner und Jahr ausgehen, setzt der Holzabsatzfonds (FRÜHWALD et al., 2001) hier einen Wert von 31 kg an.

Tabelle 11: Einwohner bezogene Kennzahlen zur Herleitung des Energieholzpotentials aus der Landschaftspflege

Quelle	kg TM/ha	Aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte von 151 Einwohnern/qkm und des überproportional hohen Anteils an Erholungsflächen ³² , kann man zur
<i>Nach FNR (HARTMANN, 2003)</i>	3²⁸	
<i>Nach MARUTZKY und SEEGER (1999)</i>	5²⁹	
<i>NACH WAGNER und WITTKOPF (2000)</i>	17³⁰	
<i>Nach Holzabsatzfonds (FRÜHWALD et al., 2001)</i>	31³¹	

²⁸ Eigene Berechnung aus dem angegebenen Energieholzpotential für diese Fraktion von 4 PJ/a

²⁹ Eigene Berechnung aus dem angegebenen Aufkommen für Deutschland von 400.000 t/a

³⁰ Eigene Berechnung aus dem angegebenen Potential für diese Fraktion in Bayern von 0,21 t_{atro/a}

³¹ Eigene Berechnung aus dem angegebenen Aufkommen für diese Fraktion von 5,0 Mio. Fm/a

³² Der Anteil liegt mit 0,85 % mehr als doppelt so hoch wie der des Landkreises mit 0,37 % und etwas höher als der Landesdurchschnitt von 0,83 % (HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).

Berechnung³³ des Aufkommens an Landschaftspflegeholz die Ansätze nach WAGNER und WITTKOPF (2000) und die des Holzabsatzfonds (FRÜHWALD et al., 2001) heranziehen.

- Nimmt man für Bad Wildungen als konservativen Ansatz zur Berechnung des Energieholzpotentials den Wert nach WAGNER und WITTKOPF (2000) von **17 kg TM** pro **Einwohner** und Jahr, ergibt sich ein Aufkommen von **307.445 kg** (18.085 Einwohner x 17 kg TM).
- Setzt man als Berechnungsgrundlage den Wert des Holzabsatzfonds (FRÜHWALD et al., 2001) von **31 kg** an, erhöht sich das Aufkommen auf **560.635 kg TM/a**.

Der Umrechnung des in kg Trockenmasse angegebenen Aufkommens in die entsprechenden Energiegehalte liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- Das Holz ist lufttrocken: (Wassergehalt $W = 18\%$)
- Heizwert H_u (wf): Laubholz allgemein: $5,1 \text{ kWh/kg} = 18,4 \text{ MJ/kg}$

Frischmasse:

$$\rho_F = \frac{\rho_{TM}}{1 - F_N} \Rightarrow \rho_F = \frac{1000 \text{ kg}}{1 - 0,18} \approx 1.220 \text{ kg} \Rightarrow \mathbf{1.220 \text{ kg FM}}$$

mit ρ_F Raumgewicht des Holzes (in kg) bei einem Wassergehalt W
 ρ_{TM} Raumdichte des Holzes (in kg) bei einem Wassergehalt 0%
 F_N Wassergehalt als Dezimalbruch

- $307.445 \text{ kg TM} \times 1,22 = 375.083 \text{ kg FM}$
- $560.635 \text{ kg TM} \times 1,22 = 683.975 \text{ kg FM}$

Heizwert:

$$H_u(18) = 14,65 \text{ MJ/kg} = \frac{14,65 \text{ MJ/kg}}{3,6} \approx 4,1 \text{ kWh/kg} \text{ (siehe 4.1.1)}$$

Energiegehalt:

Energiegehalt = Frischmasse x Heizwert $H_u(18)$

- Energiegehalt = $375.083 \text{ kg} \times 4,1 \text{ kWh/kg} \approx 1.537.840 \text{ kWh} = \mathbf{1.538 \text{ MWh}}$
- Energiegehalt = $683.975 \text{ kg} \times 4,1 \text{ kWh/kg} \approx 2.804.298 \text{ kWh} = \mathbf{2.804 \text{ MWh}}$

Fazit:

Damit ergibt sich für die Region Bad Wildungen bei Annahme des konservativen Ansatzes ein technisches **Energieholzpotential** aus der **Landschaftspflege** von **1.538 MWh**. Zieht man den Wert des Holzabsatzfonds (FRÜHWALD et al., 2001) zur Berechnung heran, erhöht sich das Potential auf **2.804 MWh**. Dies entspricht einem Heizöläquivalent von 153.800 bis 280.400 Litern.

³³ Werte zum Teil gerundet

4.5 Altholz

4.5.1 Gebrauchtholz

Tabelle 12: Sperrmüllaufkommen, Bad Wildungen (KÖCKERT, 2005)

Jahr	Sperrmüllaufkommen in t
2000	537
2001	602
2002	539
2003	660
2004	610
Ø	589,6

Das Potential an Gebrauchtholz in der Region wurde über das Sperrmüllaufkommen der Stadt ermittelt. So liegen dem **Umweltbüro** der Stadt gesicherte Daten über das **Sperrholzaufkommen** der letzten Jahre vor. In Tabelle 12 ist das Sperrmüllaufkommen der letzten fünf Jahre zusammengestellt (KÖCKERT, 2005).

Mit Hilfe der Daten aus Tabelle 12 ergibt sich ein **Einwohner spezifisches** Aufkommen an **Sperrmüll** von **32,6 kg** pro Jahr. Nach Erfahrungswerten des Umweltbüros der Stadt Bad Wildungen (KÖCKERT, 2005), kann man von einem **Holzanteil** im Sperrmüll von **50 %** ausgehen. Damit reduziert sich der Wert auf 16,3 kg „Sperrholz“ pro Einwohner und Jahr. MARUTZKY und SEEGER (1999) gehen von einem Anteil des „Sperrholzes“ am Gesamtgebrauchtholzaufkommen von ca. 25 % aus.

Tabelle 13: Zusammensetzung³⁴ des Gebrauchtholzes (modifiziert nach MARUTZKY und SEEGER, 1999)

Sortiment	Geschätzte Anteile in %
Verpackungen	12,5
Altholz aus dem Baubereich	40
Imprägniertes Altholz aus dem Außenbereich	8,75
Möbel (naturbelassen/behandelt)	10
Altholz aus dem Sperrmüll	25
Sonstige	3,75
SUMME	100

Anhand der Werte aus Tabelle 13 kann man auf ein **Gesamtaufkommen** an **Gebrauchtholz** von etwa **65 kg** FM pro Einwohner schließen. Dieser Wert liegt unter den Einwohner spezifischen Kennwerten von MARUTZKY und SEEGER (1999) sowie der „Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe“ (HARTMANN, 2003), die übereinstimmend von 100 kg TM pro Einwohner und Jahr ausgehen (siehe Tab. 14).

Tabelle 14: Einwohner bezogene Kennzahlen zur Herleitung des Energieholzpotentials aus dem Gebrauchtholz

Quelle	Gebrauchtholzpotential Mio.t _{atro}	kg _{atro} Einw.
Nach FNR (HARTMANN, 2003)	8,0	100
Nach MARUTZKY und SEEGER (1999)	8,0	100

³⁴ Eigene Berechnungen aus den für Deutschland angegebenen Aufkommen an Gebrauchtholz

Die Problematik bei der Ermittlung des Gebrauchtholzpotentials ergibt sich insbesondere aus der Einschätzung der unterschiedlichen **Schadstoffbelastung** bzw. Verunreinigung mit Fremdkörpern und der damit verbundenen Einteilung in die entsprechende AltholzV-Kategorie. Geht man von einem Anteil **unbehandelten Holzes** von **20 %** aus (Kategorie A I), ergibt sich ein energetisch verwertbares Gebrauchtholzaufkommen von $65 \text{ kg} \times 0,2 \times 18.085 \text{ Einwohner} = \mathbf{235.105 \text{ kg}}$. Setzt man hier einen Anteil von **50 %** an, erhöht sich das Potential entsprechend auf **587.763 kg**.

Der Berechnung der entsprechenden Energiegehalte aus den oben ermittelten Mengenangaben liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- Das Holz stammt überwiegend aus beheizten Räumen: (Wassergehalt $W = 10 \%$)
- Heizwert H_u (wf) Altholz: $5,1 \text{ kWh/kg} = 18,4 \text{ MJ/kg}$

Heizwert:

$$H_{u(w)} = \frac{H_{u(wf)} \times (100 - W) - 2,44 \times W}{100} \Rightarrow H_{u(10)} = \frac{18,4 \text{ MJ} \times (100 - 10) - 2,44 \times 10}{100} = \mathbf{16,32 \text{ MJ/kg}}$$

mit	$H_{u(w)}$	Heizwert des Holzes (in MJ/kg) bei einem Wassergehalt W
	$H_{u(wf)}$	Heizwert der wasserfreien Substanz in MJ/kg
	2,44	Verdampfungswärme des Wassers in MJ/kg bezogen auf 25°C
	W	Wassergehalt in %

Umrechnung MJ \rightarrow kWh:

$$3,6 \text{ MJ} = 1 \text{ kWh} \Rightarrow \frac{16,32 \text{ MJ} / \text{kg}}{3,6} \approx 4,5 \text{ kWh} / \text{kg}$$

Energiegehalt:

Energiegehalt = Frischmasse x Heizwert $H_u(18)$

a) Energiegehalt = $235.105 \text{ kg} \times 4,5 \text{ kWh/kg} \approx 1.057.973 \text{ kWh} = \mathbf{1.058 \text{ MWh}}$

b) Energiegehalt = $587.763 \text{ kg} \times 4,5 \text{ kWh/kg} \approx 2.644.934 \text{ kWh} = \mathbf{2.645 \text{ MWh}}$

Fazit:

Damit ergibt sich für die Stadt Bad Wildungen bei Annahme des konservativen Ansatzes ein technisches **Energieholzpotential** aus dem **Gebrauchtholz** von **1.058 MWh**. Zieht man den optimistischen Ansatz für die Berechnung heran, erhöht sich das Potential auf **2.645 MWh**. Dies entspricht einem **Heizöläquivalent** zwischen **105.800** bzw. **264.500 Litern**.

4.5.2 Industrierestholz

Die Mengenerfassung des Industrierestholzes erfolgte über eine schriftliche Befragung der holzbe- und verarbeitenden Betriebe der Stadt Bad Wildungen. Die Berechnung des Energieholzpotentials beruht dabei auf den Angaben von sieben der 16 kontaktierten Betriebe (43,75 %).

Tabelle 15: Aufteilung des Industrierestholzes auf die verschiedenen Sortimente

Sortiment	Anteil in %
Naturbelassenes Stückholz	30,6
Plattenwerkstoffe	10,0
Holzspäne/Hackschnitzel	49,6
Gebrauchtholz/Abbruchholz	9,9
SUMME	100

Die Datenerhebung unter den holzbe- und holzverarbeitenden Betriebe ergab, dass pro Betrieb durchschnittlich 75,21 m³³⁵ Holzreste aus der Produktion anfallen. Hochgerechnet auf die 16 „ortsansässigen“ Betriebe ergibt sich somit ein **Gesamtaufkommen** für die

Stadt von **1203,36 m³ Industrierestholz**. Das Aufkommen gliedert sich in 30,6 % naturbelassenes Stückholz, 10,0 % Plattenwerkstoffe, 49,6 % Holzspäne/Hackschnitzel und 9,9 % Gebrauchtholz.

Tabelle 16: Nutzungsoptionen der anfallenden Industrieresthölzer

Nutzung	Anteil in %	Aufkommen in m ³
Energetisch	87,8	1056,55
Entsorgung	12,2	146,81
Sonstiges	0	0
SUMME	100	1203,36

Hinsichtlich der Nutzung der Resthölzer zeigte sich, dass der überwiegende Anteil von ca. **1.057 m³ energetisch** genutzt werden kann. Die Sortimente „naturbelassenes Stückholz“ und „Holzspäne/Hackschnitzel“ sind dabei vollständig energetisch nutzbar und stehen

somit als zusätzliches Energieholzpotential zur Verfügung. Ein Teil der Plattenwerkstoffe könnte nach Angaben der befragten Betriebe ebenfalls der Energiegewinnung dienen. Der übrige Anteil der „Plattenwerkstoffe“ und das gesamte „Gebrauchtholz“ fallen zur **Entsorgung** an und kommen somit als zusätzliches Energieholzpotential nicht in Frage.

Der Berechnung der entsprechenden Energiegehalte aus dem oben ermittelten energetisch nutzbaren Aufkommen an Industrieresthölzern liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- Das Holz ist lufttrocken: (Wassergehalt W = 18 %)
- Heizwerte H_u (wf): Fichte: 5,2 kWh/kg = 18,8 MJ/kg

Tabelle 17: Energetisch nutzbare Sortimente und ihre Energiegehalte

Nutzung	Anteil in %	Aufkommen	Energiegehalt	Energiegehalt in kWh	Energiegehalt in MWh
Stückholz	40	423 Rm	1.283 kWh/Rm	542.709	542,71
Hackgut	60	634 SRM	838 kWh/Srm	531.292	531,29
SUMME	100	1.057	/	1.074.001	1.074

Fazit:

Wie aus Tabelle 17 hervorgeht, liefert das **Industrierestholz** ein **Energiepotential** von **1.074 MWh**. Dies entspricht einem **Heizöläquivalent** von **107.400 Litern**.

³⁵ Die Bezeichnung m³ ist fachlich eigentlich nicht korrekt, da Stückholz in Rm und Holzspäne in SRm erfasst werden.

4.6 Fazit der Potentialermittlung

Auf Grundlage der in den vorherigen Abschnitten durchgeführten Herleitungen werden nachfolgend die technischen Energieholzpotentiale der Region Bad Wildungen zusammengefasst.

Tabelle 18: Energieholzpotential für die Stadt Bad Wildungen

Fraktion	Potential in kWh		Potential in MWh		Heizöläquivalent in l
	optimistisch	konservativ	optimistisch	konservativ	
<i>Waldrest- und Durchforstungsholz</i>	36.604.180	18.302.090	36.605	18.302	1.830.200 - 3.660.500
<i>Ungenutzter Zuwachs</i>	/	/	/	/	/
<i>Energiewälder</i>	9.431.271	785.412	9.431	785	78.500 - 943.100
<i>Landschaftspflegeholz</i>	2.804.296	1.537.840	2.804	1.538	153.800 - 280.400
<i>Industrierestholz</i>	1.074.000	1.074.000	1.074	1.074	107.400
<i>Gebrauchtholz</i>	2.644.934	1.057.973	2.645	1.058	105.800 - 264.500
Gesamt	52.558.681	22.757.315	52.559	22.757	2.275.700 - 5.255.900

Tabelle 18 verdeutlicht, dass der **überwiegende Anteil** des maximalen **Energieholzpotentials** von **52.559 MWh** in den **Wäldern** der Region liegt. Das **Waldrest- und Durchforstungsholz** nimmt einen Anteil am Gesamtpotential (optimistischer Ansatz) von **69,6 %** ein. Dieses „Waldenergieholzpotential“ besitzt den Vorteil, dass es jederzeit und je nach Bedarf mobilisiert werden kann. Auffallend ist der enorme Unterschied des realisierbaren Potentials - je nach Ansatz - innerhalb der Fraktion des Kurzumtriebsholzes (Energiewälder). Die Fraktionen des **Landschaftspflegeholzes**, des **Industrierestholzes** und des **Gebrauchtholzes** steuern nur **insgesamt 12,4 %** zum Gesamtpotential bei. Diese sind aber aus Kostengründen – alternativ besteht die Pflicht der Entsorgung – für eine energetische Nutzung besonders interessant. Bei einer vollständigen Mobilisierung des Potentials könnten mehr als **fünf Millionen Liter Heizöl** in der Region durch Holzbrennstoffe ersetzt werden.

5 Der Wärmeenergiesektor der Stadt Bad Wildungen

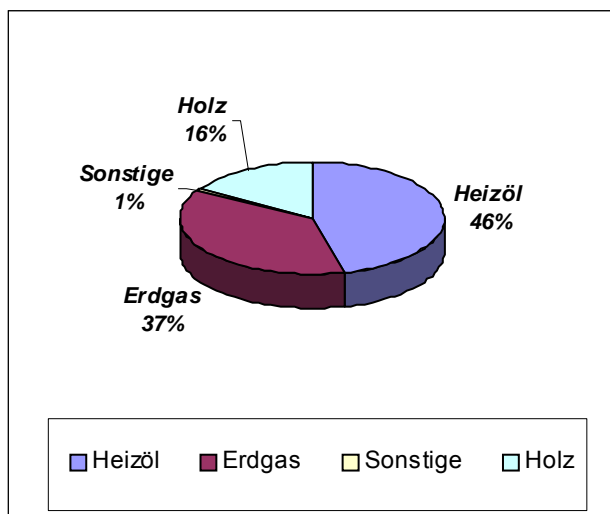
Die nachfolgenden Berechnungen zum Wärmeenergiesektor der Stadt Bad Wildungen beruhen auf der **Auswertung** der im August/September 2005 durchgeführten **Haushaltsbefragung** (siehe 11.2). Die Daten basieren dabei auf Angaben von **107** der angeschriebenen **380 Hauseigentümer** (28,16 %), die durch vollständige oder teilweise Beantwortung der Fragen eine Auswertung ermöglichen.

5.1 Wärmeenergieverbrauch und eingesetzte Energieträger

Anhand der Angaben der Hauseigentümer konnte ein durchschnittlicher Wärmeenergieverbrauch von **38.103,87 kWh pro Wohngebäude** ermittelt werden. Der Bestand an 4.116 Wohngebäuden in der Stadt (STATISTISCHES LANDESAMT, 2004) lässt auf einen **Gesamtwärmeenergieverbrauch** der privaten Haushalte von $38.103,87 \text{ kWh} \times 4.116 = 156.835.529 \text{ kWh}$ bzw. **156.836 MWh** schließen. Dies ergibt einen spezifischen Wärmeenergieverbrauch von **8.672 kWh pro Einwohner** und Jahr. Bezieht man den Wärmeenergieverbrauch auf die **Wohnfläche**³⁶ der Stadt, ergibt sich ein Wert von **193,15 kWh pro Quadratmeter** und Jahr.

Tabelle 19: Bestand an Wohngebäuden in Bad Wildungen (STATISTISCHES LANDESAMT, 2004)

Stadt	Bestand an Wohngebäuden am 31.12.2003			
	Insgesamt	Davon mit ... Wohnungen		
		1	2	3 oder mehr
Bad Wildungen	4116	2207	1068	841



Etwa **83 %** der Wärmeenergie der privaten Haushalte in der Stadt Bad Wildungen wird derzeit durch **fossile Energieträger** gedeckt. Es dominiert das **Heizöl** mit **46,19 %** vor dem Erdgas mit **36,77 %**. Der Energierohstoff **Holz** in Form von **Hackschnitzeln** und **Scheitholz** (keine Pellets) verfügt über einen Anteil von **16,09 %**. **Kohle, Flüssiggas** und **Strom** decken zusammen nur **0,95 %** des Wärmeenergiebedarfes der privaten Haushalte in der Stadt.

Abbildung 16: Wärmebereitstellungsmix der privaten Haushalte in Bad Wildungen

5.1.1 Berechnung des Wärmeenergiebedarfs

Die Berechnung des Wärmeenergiebedarfs erfolgte über die Angaben der Hausbesitzer zu dem jährlichen Verbrauch der eingesetzten Energieträger. Zur Auswertung der Daten mussten die verschiedenen Mengeneinheiten zunächst in eine einheitliche Dimension umgerechnet werden. In diesem Fall bot sich als Bezugsgröße der (untere) Heizwert (H_u) in kWh an.

³⁶ Nach der Gemeindestatistik des Statistischen Landesamtes beträgt die Wohnfläche in der Stadt 812.000 qm (STATISTISCHES LANDESAMT, 2004).

Tabelle 20: Umrechnungsfaktoren für Energieverbräuche in kWh (FRAUNHOFERINSTITUT, 2004)

Energieträger	Einheit im Fragebogen	Normierung auf kWh
Flüssiggas	cbm	30,15
Erdgas	cbm	8,816
Heizöl	l	9,9
Kohle	kg	8,723
Stückholz	Rm	1.950

Anhand der Umrechnungsfaktoren aus Tabelle 20 war es nun möglich, die Energieträger mit ihren unterschiedlichen Mengeneinheiten auf die Bezugsgröße kWh zu normieren. Die Angaben zu den Energieträgern Strom und Hackschnitzel erfolgte bereits in kWh, so dass hier eine

Umrechnung entfiel. Der Gasverbrauch wurde ebenfalls überwiegend in kWh angegeben, wobei hier die meisten Probleme bei der Beantwortung auftraten. Die Ursache bestand wohl in der Schwierigkeit, mit der ungewohnten Einheit cbm umzugehen.

Tabelle 21: Kennzahlen zum Wärmeenergieverbrauch in Bad Wildungen und Deutschland

Energieträger	Bad Wildungen		Deutschland ³⁷	
	in MWh	in %	in Mrd. kWh	in %
Erdgas	57.663	36,77	294,7	44,6
Heizöl	72.450	46,19	215,3	32,5
Holz	25.237	16,09	52,8	8,0
Strom	804	0,51	45,5	6,9
Sonstige	682	0,44	53,2	8,0
Gesamt	156.836	100	661,5	100
kWh/Einwohner	8.672	/	8.269 ³⁸	/
kWh/qm Wohnfl.	193,15	/	189 ³⁹	/

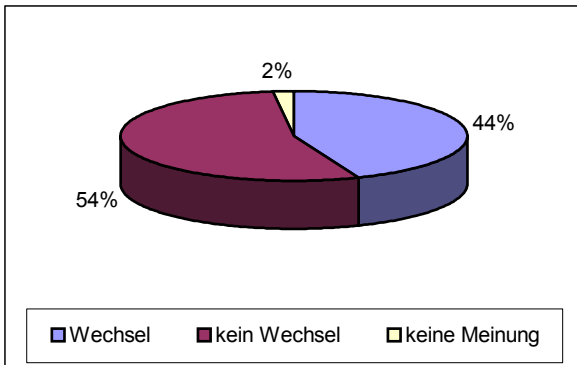
Ein Vergleich zwischen den aus der Haushaltsbefragung ermittelten Daten mit entsprechenden Werten für Deutschland (AG ENERGIEBILANZEN, [12]) zeigt, dass der Energieträger Holz in der Stadt bereits einen **überproportionalen Anteil** der Wärmeenergie der privaten Haushalte liefert. Mit ca. **16 %** liegt der Anteil hier doppelt so hoch wie der Bundesdurchschnitt. Wie man aus Tabelle 21 entnehmen kann, besteht trotz des hohen Holzanteils eine starke Dominanz der fossilen Energieträger **Heizöl** und **Erdgas** mit rund **83 %** zu bundesweit **77 %**. Weit unter dem Bundesdurchschnitt von 6,9 % liegt dagegen der Anteil des Stromes mit lediglich 0,51 %. Bei einer genauen Betrachtung der in Tabelle 21 zusammengestellten Kennzahlen fällt auf, dass sowohl der **Einwohner bezogene** als auch der **Wohnflächen bezogene** Wärmeenergieverbrauch in der

³⁷ Wärmeenergieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland (modifiziert nach AG ENERGIEBILANZEN 2004; [11]). Um wirklich vergleichbare Werte zu bekommen, wurde der vom der AG ENERGIEBILANZEN, ermittelte gesamte Stromverbrauch von 125,2 Mrd. kWh auf den Anteil für Raumwärme und Warmwasser reduziert. Dieser Anteil des Stromverbrauchs beträgt 34 % [12].

³⁸ Eigene Berechnung aus dem Gesamtwärmeenergieverbrauch und der Bevölkerungszahl von ca. 80 Mio.

³⁹ Wert für Deutschland aus FRAUNHOFERINSTITUT (2004)

Stadt Bad Wildungen etwa **5 %** bzw. **2,2 %** über dem **Bundesdurchschnitt** liegen. Dieser Tatbestand kann aber mit dem hohen Durchschnittsalter der Heizungen von ca. 13 Jahren, dem Bestand an Altbauwohnungen in der Altstadt und dem hohen Anteil der Ofenheizungen (siehe hierzu auch 5.2) mit ihren niedrigen Wirkungsgraden⁴⁰ erklärt werden.



Auf die Frage, ob sie sich bei einer Erneuerung ihrer Heizungsanlage einen Wechsel auf eine Holzfeuerung vorstellen könnten, zeigten sich immerhin **44 %** der **Hauseigentümer wechselwillig**. **54 %** konnten sich die Option „**Holzfeuerung**“ nicht vorstellen und **2 %** hatten diesbezüglich keine Meinung (siehe Abbildung 17).

Abbildung 17: Anteil der wechselwilligen Hausbesitzer

Als Begründung für ihre Entscheidung gegen die Holzfeuerung gaben 24,14 % der „Wechselunwilligen“ an, der damit verbundene höhere Aufwand sei ausschlaggebend. Weitere 22,41 % können sich aus Platzmangel für die Brennstofflagerung momentan keinen Wechsel vorstellen. Bei den „wechselwilligen“ Bürgern überwiegt das Argument der niedrigeren Brennstoffkosten, 29,79 % gaben dies als Beweggrund an. Holz als regional verfügbarer, nachwachsender Rohstoff wurde von 10,64 % der wechselwilligen Befragten als Wechselgrund genannt.

5.2 Die Position des Holzes im Wärmesektor

Tabelle 22: Holzenergie in Bad Wildungen in Zahlen

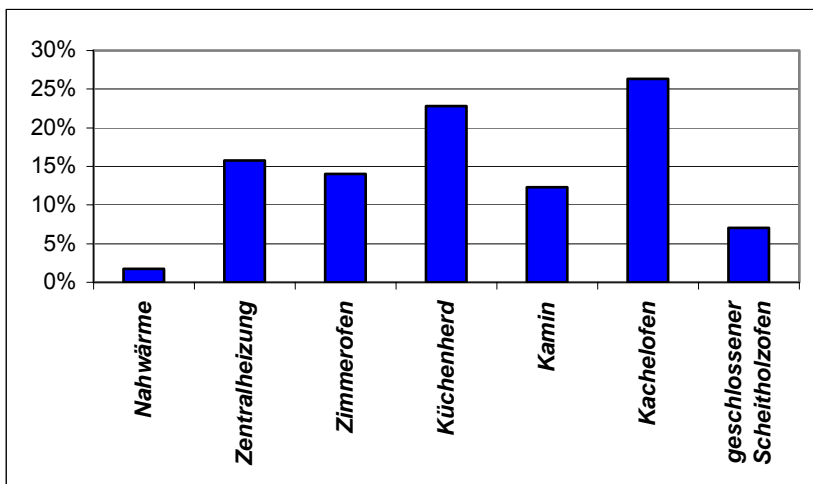
Bezugsgröße	gesamt	Scheitholz	Hackschnitzel
<i>absolut</i>	25.237 MWh	24.529	708
<i>anteilig</i>	16,09 %	15,64	0,45

Derzeit wird **rund 16 % der Wärmeenergie** der privaten Haushalte in der Stadt Bad Wildungen durch den

Energieträger **Holz** gedeckt und zwar fast ausschließlich in Form von **Scheitholz**. In fast der **Hälfte** der befragten Haushalte (**44,86 %**) befindet sich eine **Holzfeuerung**. 12,15 % der Haushalte setzen Holz bereits als Hauptenergieträger ein. Der Begriff Hauptenergieträger bedeutet, dass mehr als 50 % der Wärmeenergie durch Holzbrennstoffe gedeckt wird. Als ausschließlicher oder alleiniger Energieträger wird Holz allerdings nur in 2,86 % der Gebäude genutzt. Besonders häufig kommt Holz in Kombination mit dem Energieträger Heizöl zum Einsatz (46,55 % der Hauseigentümer mit Ölkessel besitzen eine Holzfeuerung). Unter den Hauseigentümern mit einer Erdgasheizung liegt der Anteil bei 38,64 %.

⁴⁰ (Feuerungstechnische) Wirkungsgrade < 80 % (HARTMANN, 2003)

Abbildung 18: Formen der Holzfeuerung in Bad Wildungen



Wie Abbildung 18 verdeutlicht, dominieren in der Stadt unter den Holzfeuerungen bislang die **Ofenheizungen**. Am häufigsten kommt der **Kachelofen** mit **26 %** der Nennungen vor. Daneben ist in fast jedem vierten Wohngebäude (**23 %**) ein **Küchenherd** anzutreffen. **Zimmeröfen** und **Kamine** sind mit **14 %** bzw. **12 %**

ebenfalls stark vertreten. Holzzentralheizungen besitzen dagegen nur einen Anteil von 16 %. Daneben wird bereits ein Teil der Stadt durch ein Heizwerk (Holzwärmeverbund) des ortsansässigen Energiebetreibers EWF⁴¹ am „Warteköppel“ mit Holzenergie aus Hackschnitzeln (und Erdgas) versorgt (Nahwärme).

Tabelle 23: Bezugsquellen von Brennholz in Bad Wildungen

Bezugsquelle	in %	in Fm ⁴²
Selbstwerbung	61	5.344
Brennholzhändler BW	16	1.402
Forstamt BW	10	876
Quellen außerhalb BW	13	1.139
Gesamt	100	8.761

Hinsichtlich der Bezugsquellen des Brennstoffes Holz ergibt sich folgendes Bild. **61 %** der „Holzheizer“ decken ihren Bedarf in **Selbstwerbung**. **16 %** kaufen den Brennstoff Holz von ortsansässigen **Brennstoffhändlern**, während **10 %** ihr Holz über das **Forstamt** Bad

Wildungen beziehen. Die restlichen **13 %** rekrutieren aus **Bezugsquellen außerhalb** Bad Wildungen. Diese Angaben decken sich weitgehend mit den von WESSENDORF (2000) in der Diplomarbeit „Bedarfsermittlung für Energieträger Holz, Stadt Bad Wildungen“ ermittelten Daten zum Brennholzabsatz in Bad Wildungen. Nach Recherche von WESSENDORF (2000) setzten die ortsansässigen Brennholzhändler zwischen 1995 und 1999 jährlich im Mittel 1.357,4 Fm o. R. ab.

5.3 Akzeptanz des Energieträgers Holz in der Bevölkerung

Ein formuliertes Leitmotiv dieser Arbeit ist der quantitative Ausbau des Energieträgers Holz innerhalb des Wärmeenergiesektors der Region. Eine wesentliche Voraussetzung zur Realisierung dieses Zieles ist eine **hohe Akzeptanz** innerhalb der Bevölkerung hinsichtlich dieser Form der Holznutzung.

⁴¹ „Energie Waldeck-Frankenberg“

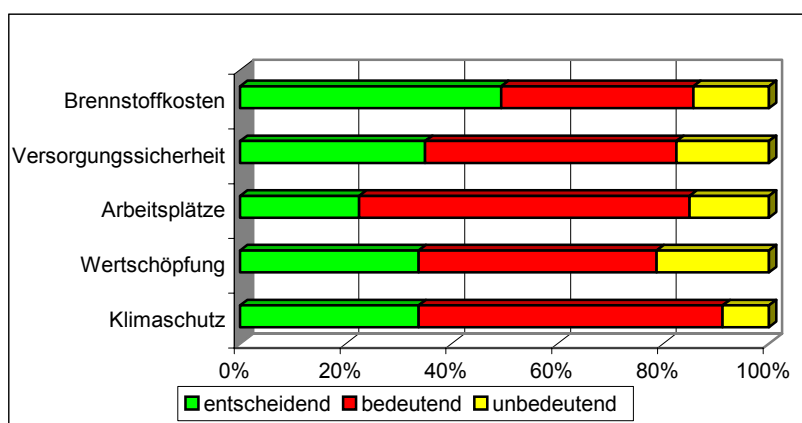
⁴² Berechnet aus dem Anteil des Scheitholzes von 24.529 MWh

Wie aus Tabelle 24 hervorgeht, besteht innerhalb der Bevölkerung Bad Wildungens eine **sehr hohe Akzeptanz** gegenüber dem Energieträger Holz. Mehr als zwei Drittel (**71 % = Aussage 1**) gaben an, ihre **prinzipielle Einstellung** zum Energieträger Holz sei **positiv** oder sogar **sehr positiv**. Lediglich **21 %** der Befragten sehen die energetische Nutzung eher **skeptisch** bzw. **negativ (Aussage 3)**. **8 %** weisen eine **Gleichgültigkeit** hinsichtlich des einzusetzenden Energieträgers auf (**Aussage 2**). Betrachtet man die Einstellung getrennt nach „wechselwilligen“ bzw. „nicht wechselwilligen“ Bürgern, so ergibt sich ein differenzierteres Bild. Innerhalb der Fraktion der „wechselwilligen“ Bürger sind fast 90 % (89 %) der Befragten von der Holzenergie überzeugt, während lediglich 6 % diese skeptisch oder negativ sehen. Doch auch unter den Bürgern, die sich derzeit bei einer Erneuerung ihrer Heizung keinen Wechsel auf Holz vorstellen können, überwiegt der Anteil derjenigen, die der Holzenergie positiv gegenüberstehen mit 57 %. Ungefähr ein Drittel (32 %) sehen diese eher skeptisch bzw. negativ.

Tabelle 24: Meinungsbild zum Energieträger Holz in der Bevölkerung Bad Wildungens

Einstellung	alle Befragte	wechselwillig	nicht wechselwillig	Aussage
„sehr positiv, Holz sollte einen hohen Anteil der Wärmeenergie liefern“	33 %	46 %	22 %	1
„positiv, die Vorteile des Holzes gegenüber fossilen Energieträgern überwiegen“	38 %	43 %	35 %	
„gleichgültig, eigentlich ist es mir egal womit mein Haus beheizt wird“	8 %	4 %	11 %	2
„skeptisch, die Nachteile von Holz gegenüber fossilen Energieträgern überwiegen“	17 %	4 %	26 %	3
„negativ, Holz ist ein antiquierter Brennstoff und nicht zukunftsfähig“	4 %	2 %	6 %	
SUMME	100	100	100	

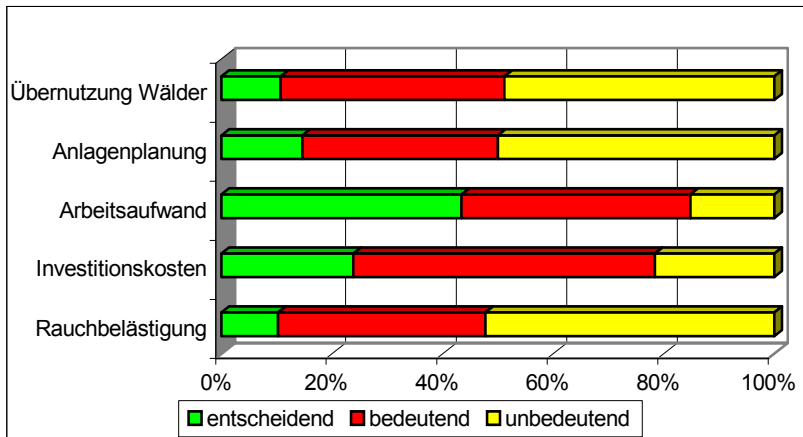
Auf die Frage, welche **Vorteile** sie in der energetischen Nutzung des Holzes gegenüber fossilen Energieträgern sehen, ergibt sich unter den Befragten folgendes Meinungsbild. Während etwa ein **Drittel** der Befragten die Argumente **höhere Versorgungssicherheit** (35,0 %), **regionale Wertschöpfung** (33,8 %) und **Klimaschutz** (33,8 %) als entscheidenden Vorteil betrachtet, wird der



Aspekt der **niedrigeren Brennstoffkosten** von fast der Hälfte der Befragten (49,4 %) genannt. Die Möglichkeit der **Schaffung** von zusätzlichen **Arbeitskräften** wird allerdings nur von 22,5 % der Bürger als entscheidender Vorteil angesehen.

Abbildung 19: Meinungsbild zum Energieträger Holz in der Bevölkerung Bad Wildungens

Bei der Beurteilung der **Nachteile** dominiert das Argument des **höheren Arbeitsaufwandes**. Mehr als 40 % aller Befragten (**43,4 %**) betrachten dies als entscheidenden Nachteil der Holzenergie gegenüber den fossilen Energieträgern. Besonders unter den Befragten, die sich einen Wechsel auf eine Holzfeuerung momentan nicht vorstellen können, ist der Anteil mit 60,8 % besonders hoch. Neben des **höheren Arbeitsaufwandes** werden auch die **höheren Investitionskosten** von fast 80 % (78,3 %) als entscheidender oder zumindest bedeutender Nachteil der Holzenergie angesehen.



Eine mögliche **Übernutzung** der Wälder, die kompliziertere **Anlagenplanung** oder eine eventuelle **Rauchbelastigung** werden dagegen von der **Mehrheit** als **unbedeutend** beurteilt.

Abbildung 20: Nachteile der Holzenergie gegenüber fossilen Energieträgern

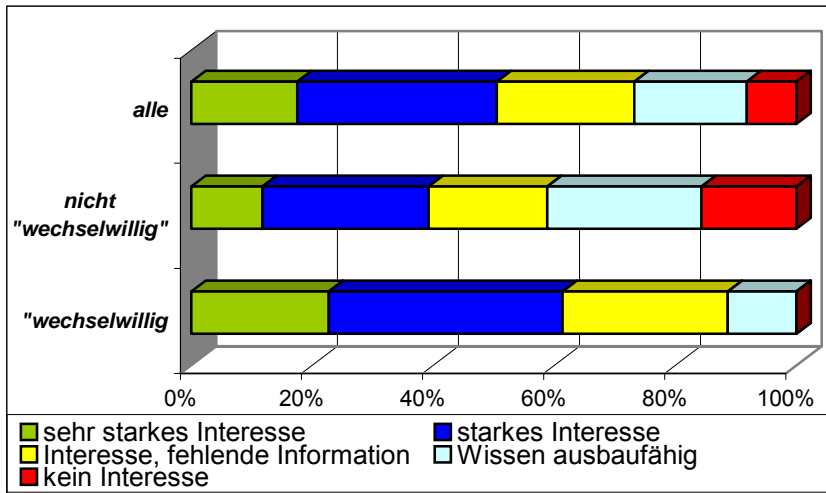
Tabelle 25: Nachteile der Holzenergie unter allen Befragten und den "nicht wechselwilligen Bürgern"

Argument	alle befragte Bürger			nicht wechselwillige Bürger		
	unbedeutend	bedeutend	entscheidend	unbedeutend	bedeutend	entscheidend
Rauchbelastigung	52,3 %	37,5 %	10,2 %	41,9 %	39,5 %	18,6 %
Höhere Investitionskosten	21,6 %	54,5 %	23,9 %	11,6 %	53,5 %	34,9 %
Höherer Arbeitsaufwand	15,2 %	41,4 %	43,4 %	5,9 %	33,3 %	60,8 %
Komplizierte Anlagenplanung	50,0 %	35,4 %	14,6 %	31,6 %	44,7 %	23,7 %
Übernutzung der Wälder	48,8 %	40,5 %	10,7 %	15,0 %	50,0 %	35,0 %

5.4 Kenntnisstand der Bevölkerung

Bei der Selbsteinschätzung ihres Kenntnisstandes zur Holzenergie offenbart sich fast die **Hälfte** der Befragten (**50,5 %**) als **sehr stark** oder zumindest **stark** am Thema Holzenergie **interessiert**. Lediglich **8,2 %** der befragten Bürger gaben an, sich nicht für das Thema zu interessieren. **22,7 %** der Bürger zeigten sich **interessiert**, bemängelten aber **fehlende Informationen** zum Thema Holzenergie. Betrachtet man das Bild getrennt nach „wechselwilligen“ und „nicht wechselwilligen“ Bürgern, fällt auf, dass der Anteil derjenigen, die fehlende Informationen monieren, unter der

Fraktion der „Wechselwilligen“ mit 27,3 % besonders hoch ist. Wenig überraschend ist die



Tatsache, dass mit 61,3 % der Anteil der sehr stark bzw. stark Interessierten innerhalb dieser Fraktion überwiegt. Es ist aber erstaunlich, dass sich dennoch mehr als ein Drittel (39,3 %) der „nicht wechselwilligen“ Bürger sehr stark oder zumindest stark für das Thema Holzenergie interessieren.

Abbildung 21: Eigenbeurteilung des Kenntnisstandes zur Holzenergie

5.5 Benötigte Dienstleistungen/Hilfen für eine Holzfeuerung

Die Auswertung der Frage nach den benötigten Hilfen/Dienstleistungen vor der Installation einer Holzfeuerungsanlage erfolgte nur unter der Fraktion der „wechselwilligen“ Bürger, da in diesem Fall das Ergebnis für die Praxis von Relevanz ist. Aufgrund der Möglichkeit der Mehrfachnennungen ergibt die Addition der Einzelwerte einen Prozentsatz von über 100.

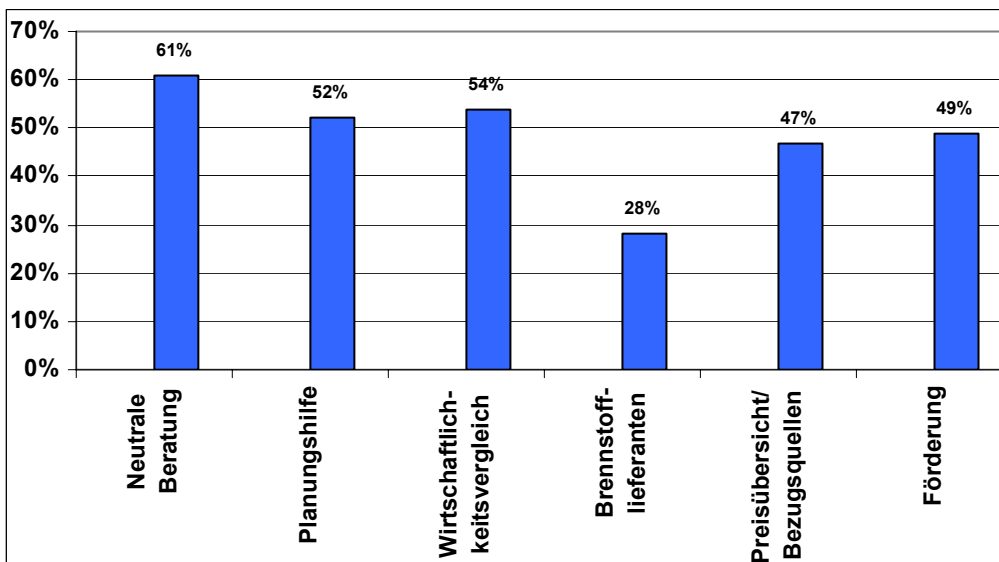


Abbildung 22: Benötigte Hilfen/Dienstleistungen unter den "wechselwilligen" Bürgern

Bei der Auswertung dieser Frage zeigte sich, dass unter den „wechselwilligen“ Bürgern ein **hoher Bedarf** an **benötigten Hilfen/Dienstleistungen** rund um das Thema Holzfeuerung besteht. So wünschen sich **68 %** der Bürger eine **neutrale Beratung** vor der Installation einer neuen Heizungsanlage. **55 %** benötigen **Unterstützung** bei einem **Wirtschaftlichkeitsvergleich**

zwischen den verschiedenen Energieträgern und immerhin noch **53 % Hilfe** bei der **Planung** ihrer **Heizungsanlage**. **Beistand** bei Fragen zu möglichen **Förderprogrammen** wünschen sich **45 %** der „Wechselwilligen“. **45 %** wären dankbar über eine **Preisübersicht** von Holzbrennstoffen. Dagegen benötigen nur **28 %** eine **Adressliste** von **Brennstofflieferanten** der Umgebung.

5.6 Fazit der Haushaltsbefragung

Der Brennstoff **Holz** deckt mit **16,09 %** bereits einen überproportional hohen Anteil am Gesamtwärmeenergieverbrauch der privaten Haushalte der Stadt Bad Wildungen (im Vergleich zum **Bundesdurchschnitt** von **8,0 %**). Immerhin in fast jedem zweiten Gebäude (**44,86 %**) befindet sich eine Holzfeuerung. Allerdings wird Holz zum überwiegenden Teil nur als zusätzliche Energiequelle eingesetzt – es dominieren hier die Klassiker Kachelofen, Kamin und Küchenherd mit zusammen 61 % der Nennungen. **Holzzentralheizungen** stellen mit **16 %** der Nennungen noch die Minorität dar.

Vor dem Hintergrund der **hohen Akzeptanz** der Holzenergie unter den Befragten – **71 %** der Befragten betrachten die energetische Nutzung des Holzes als **sehr positiv** oder **positiv** - erscheint eine weitere Steigerung des Holzanteils durchaus realistisch. Gestützt wird diese These durch die Tatsache, dass sich **44 %** der Befragten bei der Erneuerung ihrer Heizungsanlage einen **Wechsel** auf eine **Holzfeuerung** vorstellen können. Bei gleichzeitiger Reduktion des Einwohner bezogenen bzw. Wohnflächen bezogenen Wärmeenergieverbrauchs – die Werte liegen 5 % bzw. 2,2 % über dem Bundesdurchschnitt – durch Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung und Senkung des Durchschnittalters der Heizungen wäre der Anteil der Holzenergie zusätzlich zu steigern. Vor allem die steigenden Preise⁴³ bei den fossilen Energieträgern Heizöl und Erdgas machen den Brennstoff Holz für viele Bürger der Stadt Bad Wildungen attraktiv. Der Gesichtspunkt der **niedrigeren Brennstoffkosten** wird von **49,4 %** der Bürger als entscheidender **Vorteil** gegenüber der fossilen Konkurrenz angesehen. Als **nachteilig** gegenüber den fossilen Energieträgern wird besonders der Umstand des **höheren Arbeitsaufwandes** mit **43,4 %** angeführt.

Bei der Befragung hat sich aber auch gezeigt, dass noch ein **erheblicher Bedarf** an **Hilfen/Dienstleistungen** rund um den Energieträger Holz vorhanden ist. So wünschen sich mehr als die Hälfte der Bürger vor der Installation einer Holzheizung eine **neutrale Beratung** (68 %), **Hilfe** bei der **Planung** (53 %) und einen **Wirtschaftlichkeitsvergleich** (55 %).

⁴³ Die Preise für Heizöl sind im Vergleich zum September 2004 innerhalb eines Jahres um rund 45 % gestiegen. Der Preis für Erdgas stieg im gleichen Zeitraum um etwa 12 % [13].

6 Szenarien

6.1 Realisierbarer Anteil des Holzes am Wärmeenergieverbrauch der Haushalte

Anhand der Haushaltsbefragung (siehe Kapitel 5) konnte für die privaten Haushalte der Stadt Bad Wildungen ein **Gesamtwärmeenergieverbrauch** von **156.813 MWh** ermittelt werden. Dies entspricht einem **Einwohner bezogenen** Wärmeenergieverbrauch von **8.671 kWh** oder einem **Wohnflächen bezogenen** Wärmeenergieverbrauch von **193,15 kWh** pro Quadratmeter und Jahr. Das Szenario des künftig möglichen Holzanteils am Wärmeenergiebedarf der privaten Haushalte wird in zwei Versionen durchgespielt. Die erste Variante nimmt den Status quo an, das heißt, Einwohnerzahl und Energiestandard der Wohngebäude bleiben konstant. In einer alternativen Variante werden der für den Landkreis prognostizierte Einwohnerrückgang und eine Verbesserung des Energiestandards der Wohngebäude durch eine verbesserte Wärmedämmung berücksichtigt.

Variante 1:

Bei Mobilisierung des gesamten in Kapitel 4 ermittelten Energieholzpotentials von 52.559 MWh (optimistischer Ansatz) könnten zukünftig **33,52 %** des **Wärmeenergiebedarfs** der privaten Haushalte der Stadt Bad Wildungen durch Holzbrennstoffe gedeckt werden. Nach Berechnungen der AG ENERGIEBILANZEN [21] betrug der Anteil des Sektors „Haushalte“ am Gesamtendenergieverbrauch im Jahr 2003 30 %. Damit reduziert sich der denkbare Anteil des Holzes am **Endenergiebedarf** der Stadt auf **10,06 %**. Nimmt man den konservativen Ansatz von 22.757 MWh als Berechnungsgrundlage, liegt der Anteil der Holzenergie immerhin noch bei 14,51 % (4,4 % der Endenergie).

Variante 2:

Der Vergleich der anhand des Fragebogen ermittelten Werte mit entsprechenden Daten für den Bund hat gezeigt, dass der **Wohnflächen bezogene Wärmeenergieverbrauch** mit **193,15 kWh/m²** etwa 2,2 % über dem Bundesdurchschnitt liegt (siehe hierzu auch Kapitel 5.1). Das Ziel einer künftigen verantwortungsvollen Energiepolitik sollte darin bestehen, den Energiestandard der Wohngebäude in der Stadt durch Verbesserung der Wärmedämmung zu reduzieren.

Abbildung 23 verdeutlicht, wie sich der nach der **Wärmeschutzverordnung** (WschV) gesetzlich vorgeschriebene **Energiestandard** für Wohngebäude in den letzten drei Jahrzehnten entwickelt hat. So liegt der zulässige Heizwärmebedarf für ein **Niedrigenergiehaus** bei maximal **70 kWh/m²**, der für ein **Passivhaus** sogar weit unter **50 kWh/m²**. Anhand dieser Werte scheint eine **Halbierung** des Wohnflächen bezogenen Wärmeenergiebedarfs und damit auch des **Gesamtwärmeenergiebedarfs** von 156.813 auf **78.406 MWh** eine durchaus realisierbare Zielvorgabe.

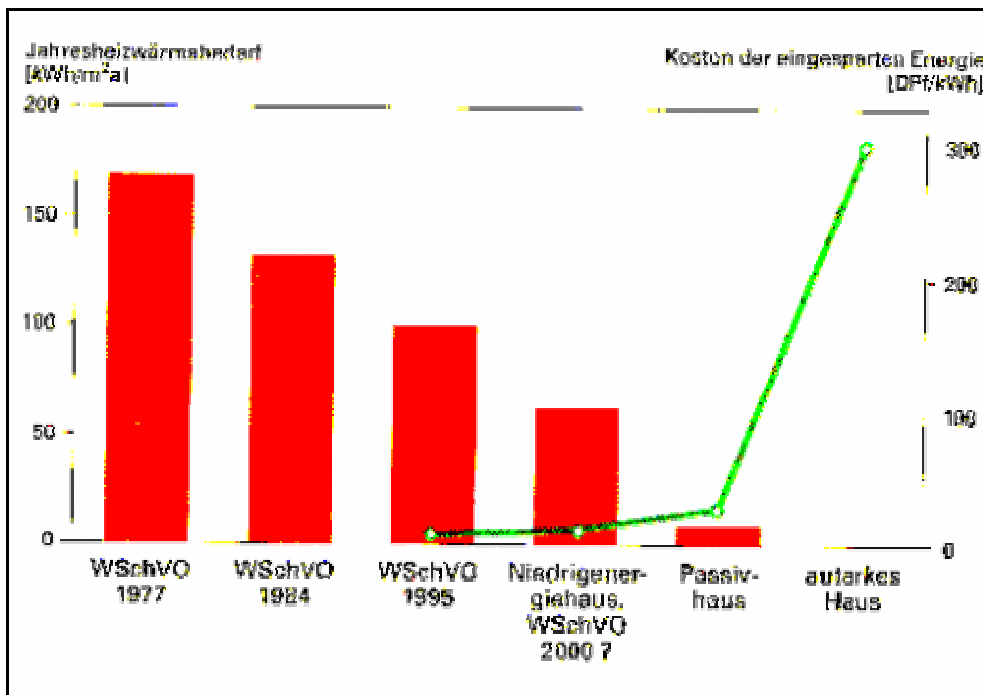


Abbildung 23: Entwicklung des Energiestandards für Wohngebäude [14]

Zusätzlich wird sich nach Berechnungen des STATISTISCHEN LANDESAMTES [9] die Einwohnerzahl des Landkreises bis zum Jahr 2050 um **8,63 %** reduzieren. Es ist davon auszugehen, dass dies auch für die Stadt Bad Wildungen zutreffen wird, zumal der Anteil der über 65-Jährigen in der Stadt mit 21,4 % über dem Landesschnitt liegt (siehe Kapitel 4.1.2). Folglich wird auch der Wärmeenergieverbrauch der privaten Haushalte entsprechend um etwa diesen Wert auf **71.840 MWh** sinken. Bei vollständiger Mobilisierung des regionalen Energieholzpotentials von 52.559 MWh – der optimistische Ansatz unterstellt – könnten dann **73,16 %** des Wärmeenergiebedarfs der privaten Haushalte durch Holzbrennstoffe gedeckt werden. Setzt man als Berechnungsgrundlage den konservativen Ansatz von **22.757 MWh** an, liegt der Anteil immerhin noch bei **31,68 %**.

6.2 Prognostizierte Entwicklung der Wärmekosten

Die Auswertung des Fragebogens (siehe Kapitel 5.3) hat gezeigt, dass der Ausbau der Holzenergie in der Stadt entscheidend davon abhängt, wie sich die **Wärmekosten**⁴⁴ der „**Holzheizsysteme**“ im Vergleich zu der fossilen Konkurrenz entwickeln werden. Denn rund die Hälfte der Befragten (49,4 %) sehen die **niedrigeren Brennstoffkosten** als entscheidenden **Vorteil der Holzenergie** gegenüber den fossilen Energieträgern.

⁴⁴ Die Wärmegestehungskosten setzen sich zusammen aus den reinen Brennstoffkosten („Materialwert“ des Holzes, Bereitstellungskosten, Lagerungs- und Transportkosten), den Anlagekosten (Nettoinvestitionssumme, Nebenkosten für Planung, Genehmigung und Gutachten) und den Betriebskosten (Wartung, Instandhaltung, Versicherung, Betriebsmittel und Ascheentsorgung). Fasst man diese Kosten betriebswirtschaftlich in einer Annuitätsrechnung mit Abschreibung und Verzinsung zusammen, erhält man die Wärmegestehungskosten pro Energieeinheit (MARUTZKY und SEEGER, 1999).

Tabelle 26: Wärmekosten verschiedener Heizsysteme (ÖKO-INSTITUT, 2004)

Heizsystem	Wärmekosten c/kWh _{th} Jahr 2010	Wärmekosten c/kWh _{th} Jahr 2030
	<i>Holzzentralheizungen</i>	
<i>Hackschnitzel-Hzg. 10 kW</i>	7,6	7,5
<i>Hackschnitzel-Hzg. 50 kW</i>	6,1	6,1
<i>Pellet-Hzg. 10 kW</i>	11,3	11,5
<i>Pellet-Hzg. 50 kW</i>	10,9	11,1
<i>KUP-Pellet-Hzg. 10 kW</i>	13,7	14,1
<i>KUP-Pellet-Hzg. 50 kW</i>	13,2	13,7
	<i>Heizwerke</i>	
<i>Pellet-Heizwerk 0,5 MW</i>	8,3	8,7
<i>Hackschnitzel-Heizwerk 1 MW</i>	5,3	5,3
<i>KUP-Heizwerk 1 MW</i>	6,9	7,1
	<i>Fossile Referenz</i>	
<i>Erdgas 10 kW</i>	10,2	11,4
<i>Heizöl 10 kW</i>	10,6	11,2

Die Zahlen aus Tabelle 26 zeigen, dass die meisten **Holzheizsysteme** hinsichtlich der **Wärmekosten** schon in naher Zukunft (2010) gegenüber der fossilen Alternative **konkurrenzfähig** oder sogar **überlegen** sein werden. Als Gründe für diese Entwicklung sind nach Ansicht des ÖKO-INSTITUTS (2004) neben den sinkenden Investitionskosten für die Biomasse-Technologien durch zunehmende Marktanteile vor allem die unterschiedliche Preisentwicklung der Brennstoffe zu sehen. Hier gehen die Autoren, wie auch andere renommierte Institute⁴⁵, von einem stärkeren **Preisanstieg** für **Heizöl** und **Erdgas** aus als für Holzbrennstoffe. Bis zum Jahr 2030 prognostizieren sie lediglich Pellet-Heizungen aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) als nicht konkurrenzfähig⁴⁶ (> 1 c/kWh_{th} höhere Wärmekosten). Man erkennt auch, dass bereits im Jahr 2010 **Heizwerke kostengünstiger** Wärme zur Verfügung stellen können als jede **Zentralheizung**, selbst wenn die Netzkosten wie in diesem Fall mitberücksichtigt werden. Ein zusätzlicher Vorteil für die Wärmekunden der Heizwerke besteht darin, dass sie keine Brennstoffe mehr lagern müssen. Dies wurde von immerhin 22,41 % der Bürger, die sich einen Wechsel auf eine Holzheizung momentan nicht vorstellen können, als ausschlaggebender Grund genannt, von einem Wechsel auf eine Holzheizung abzusehen. Überdies wird auch die Logistik einfacher, da die Zahl der Brennstoffabnehmer bei Heizwerken reduziert ist.

6.2.1 Denkbare Heizkostensparnis für die Stadt

Welche monetären Effekte die vom ÖKO-INSTITUT (2004) prognostizierte **Differenz** zwischen den **Wärmekosten** für **Holzfeuerungen** und **konventionellen Heizungen** verursacht, soll im

⁴⁵ Nach Berechnungen des Hamburger Weltwirtschaftsinstituts (HWWI) wird der Rohölpreis bis 2030 auf über 120 US\$/Barrel steigen [7].

⁴⁶ Die nicht konkurrenzfähigen Holzheizsysteme sind in der Tabelle rot dargestellt.

Folgenden am Beispiel der möglichen **Heizkostensparnis** für die **städtischen Einrichtungen** – bei einer Umstellung der Gebäude auf Holzfeuerungen - aufgezeigt werden. Das Beispiel für die Stadt ist insofern besonders plausibel, da die Stadt als Waldeigentümer autark im Bezug auf steigende Brennholzkosten⁴⁷ ist. Die unten aufgeführten Wärmegestehungskosten für die Holzfeuerung können somit als Obergrenze angesehen werden. Die erzielbare Heizkostensparnis wäre demnach wahrscheinlich noch ausgeprägter. WESSENDORF (2000) ermittelte für den **Stadtwald** Bad Wildungen ein durchschnittliches jährliches Aufkommen an Waldrest- und Durchforstungsholz von **2.994,6 Fm** o. R. In Tabelle 27 ist das von WESSENDORF (2000) als Festmaß angegebene Aufkommen mit den entsprechenden Energiegehalten⁴⁸ dargestellt.

Tabelle 27: Energiegehalte⁴⁹ aus dem Waldrest- und Durchforstungsholz, Stadtwald Bad Wildungen

Baumart	Volumen in Fm	Heizwert in kWh/Fm	Gesamtenergie in kWh	Gesamtenergie in MWh	Heizöl-äquivalent
<i>Buche</i>	1.272,23	2.788	3.546.977	3.547	354.700
<i>Eiche</i>	311,72	2.940	916.457	916	91.600
<i>Fichte</i>	764,12	1.848	1.412.094	1.412	141.200
<i>Kiefer</i>	646,57	2.293	1.482.585	1.483	148.300
Summe	2.994,6	/	<u>7.358.113</u>	7.358	735.800

Heizkostensparnis:

Dem Szenario für das Jahr 2010 liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- Endenergie: **7.358.113 kWh**
- Wärmekosten (Hackschnitzel-Hzg. 10 kW): **7,6 Cent/kWh**
- Wärmekosten (Heizöl 10 kW): **10,6 Cent/kWh**

Fazit:

Unter den oben aufgeführten Konstellationen entstünde – bei einer Umstellung der städtischen Gebäude auf Holzfeuerungstechniken – eine Heizkostensparnis von **3,0 Cent pro kWh**. Bei einem mobilisierbaren Energiepotential von **7.358.000 kWh** aus dem Stadtwald könnte die **Kommune** so im Jahr mindestens **220.740 €** (3,0 Cent/kWh x 7.358.000 kWh) Heizkosten einsparen. Wollte die Kommune den gleichen monetären Effekt aus dem Verkauf der Industrieholzsortimente (zum Beispiel an die Spanplattenindustrie) erzielen, müsste der **Industrieholzpreis** bis zum Jahr 2010 auf **73,71 €/Fm** steigen (220.740 €/2.994,6 Fm).

⁴⁷ Die Brennstoffkosten als ein wesentlicher Bestandteil der Wärmegestehungskosten (siehe Definition 6.2)

⁴⁸ Annahmen: das Holz ist lufttrocken (Wassergehalt W = 18 %); Heizwert H_u (wf) Buche, Eiche: 5,1 kWh/kg
Heizwerte H_u (wf) Fichte, Kiefer: 5,2 kWh/kg

⁴⁹ Eigene Berechnungen aus den von WESSENDORF (2000) ermittelten Festmaßen

6.3 Denkbares CO₂-Einsparpotential für die Stadt Bad Wildungen

Die globalen, Klima und Umwelt belastenden CO₂-Emissionen können grundsätzlich auf zweierlei Wegen reduziert werden. Zum einen dadurch, dass der **Energieverbrauch** generell **gesenkt** wird und andererseits durch die **Substitution fossiler Energieträger** durch **regenerative Energieträger** wie der **Holzenergie**. Holz kann als CO₂-neutraler Energieträger bezeichnet werden, da beim Holzwachstum genau die Menge an CO₂ gebunden wird, die später bei der Verbrennung wieder freigesetzt wird.

Ein wesentlicher Aspekt, den Energieholzanteil in der Region auszubauen, besteht folglich in der quantitativen **Verminderung** von **Treibhausgasen**, besonders des Kohlenstoffdioxids (CO₂). Ein formuliertes Ziel des „Agenda 21-Projektes“ der Stadt Bad Wildungen ist die **Halbierung** des **CO₂-Ausstoßes** bis 2010 – bezogen auf die Emissionswerte des Jahres 1987. Anhand der Emissionswerte der Tabelle 30 lassen sich die CO₂-Emissionen ableiten, die durch Ersatz von fossilen Energieträgern in der Stadt Bad Wildungen eingespart werden könnten. Die zusätzlichen CO₂-Emissionen des Holzes – trotz der oben erwähnten CO₂-Neutralität – entstehen infolge des Verbrauchs fossiler Energieträger während der Prozesskette, zum Beispiel beim Transport oder der Aufbereitung zu Scheitholz oder Hackschnitzeln.

6.3.1 Berechnung des Emissionsfaktors und der vermiedenen Treibhausgase

Die wichtigsten Gase, die zum Treibhauseffekt beitragen, sind die so genannten Kyoto-Gase CO₂, CH₄, N₂O, NF₆, PFC und HFC. Da die einzelnen Gase unterschiedliche Auswirkungen auf den Treibhauseffekt besitzen, wird jedem Gas ein Faktor zugeteilt, das sogenannte relative Treibhauspotential (THP). Das relative Treibhauspotential ist das Maß für den Treibhauseffekt im Bezug zum „Leitgas“ CO₂, man spricht in diesem Zusammenhang vom CO₂-Äquivalent. Mit Hilfe des THP-Faktors kann die Wirkung der einzelnen Gase auf den Treibhauseffekt verglichen werden.

Tabelle 28: Relative Treibhauspotentiale der Kyoto-Gase (BMU, 2004)

Kyoto-Gas	Relatives Treibhauspotential (THP)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
NF ₆	23.900
PFC	6.500 – 9.200
HFC	140 – 11.700

Das CO₂-Äquivalent der Kyoto-Gase errechnet sich durch Multiplikation des THP-Faktors mit der Masse des jeweiligen Gases und drückt aus, welche Menge an CO₂ in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren den gleichen Treibhauseffekt verursachen würde. Die relativen Treibhauspotentiale der Kyoto-Gase sind in Tabelle 28 zusammengestellt (BMU, 2004).

Die Berechnung der vermiedenen Treibhausgas-Emissionen durch die Wärmeenergiebereitstellung aus Holz erfolgt über den Verbrauch an Endenergieträgern, also über die Nutzenergie. Für moderne **Holzzentralheizungen** und **Heizwerke** kann ein den **konventionellen Öl- und Gasheizungen** vergleichbarer **Wirkungsgrad** unterstellt werden. Durch die Vielzahl unterschiedlicher Technologien sowohl bei den Holzfeuerungen (Pelletofen, Scheitholzofen, Heizwerk mit Unterschubfeuerung, Heizwerk mit Vorschubrostfeuerung etc.) als auch bei den Öl- und Gasheizungen ist eine vollkommen exakte Bestimmung der durchschnittlichen Wirkungsgrade – und damit der vermiedenen Treibhausgase – nicht möglich.

Die für die Variante 1 des Szenarios getroffene Annahme geht für **Holzzentralheizungen** und **Heizwerke** von **Wirkungsgraden** zwischen **80 und 90 %** aus, was den mittleren Wirkungsgraden konventioneller Heizungen entspricht. Nimmt man jedoch als Berechnungsgrundlage die heute in der Stadt überwiegend eingesetzten Holzfeuerungen wie **Küchenherde, Kaminöfen** oder **Kachelöfen** (siehe Kapitel 5.2) mit ihren **niedrigeren Wirkungsgraden**, wird die Emissionsvermeidung überschätzt. Geht man hier von mittleren Wirkungsgraden von 70 % aus, **reduzieren** sich die vermiedenen **Emissionen** um rund **20 %** (Variante 2).

Tabelle 29: Struktur des durch Holz substituierten Wärmebereitstellungsmixes⁵⁰ der Stadt Bad Wildungen

Energieträger	Erdgas	Heizöl	Strom
Anteil	44 %	55 %	1 %

Tabelle 30: Emissionsfaktoren für die Bereitstellung je kWh Nutzwärme, inkl. Prozesswärme (BMU, 2003)

Energieträger	CO ₂ (g/kWh)	CO ₂ -Äquivalent (g/kWh)
Heizöl	362,1	372,0
Erdgas	266,9	297,5
Strom-Mix Deutschland	638,9	682,6
Holz (Hackschnitzel)	40,6	66,6

Mit Hilfe der Emissionsfaktoren der Tabelle 30 und den Anteilen der durch Holz substituierten fossilen Energieträger der Tabelle 29 ist es möglich, den **Emissionsfaktor (EF)** in g CO₂/kWh für die Stadt Bad Wildungen zu berechnen.

Formel (CO₂):

$$EF_{\text{allgemein}} = (EF_{\text{Erdgas}} \times a) + (EF_{\text{Heizöl}} \times b) + (EF_{\text{Strom}} \times c) - EF_{\text{Hackschnitzel}}$$

a, b, c sind die Anteile der einzelnen Energieträger an der Gesamtheit (a + b + c = 1)

$$EF_{\text{Bad Wildungen}} = (266,9 \times 0,44) + (362,1 \times 0,55) + (638,9 \times 0,01) - 40,6 = \mathbf{282,38 \text{ g CO}_2/\text{kWh}}$$

$$282,38 \text{ g CO}_2/\text{kWh} = 282,38 \text{ kg CO}_2/\text{MWh}$$

⁵⁰ Die Anteile sind die aus der Haushaltsbefragung ermittelten Werte ohne den Holzanteil von 16 %.

Formel (CO₂-Äquivalent):

$$EF_{\text{allgemein}} = (EF_{\text{Erdgas}} \times a) + (EF_{\text{Heizöl}} \times b) + (EF_{\text{Strom}} \times c) - EF_{\text{Hackschnitzel}}$$

a, b, c sind die Anteile der einzelnen Energieträger an der Gesamtheit (a + b + c = 1)

$$EF_{\text{Bad Wildungen}} = (297,5 \times 0,44) + (372,0 \times 0,55) + (682,6 \times 0,01) - 66,6 = \mathbf{275,73 \text{ g CO}_2/\text{kWh}}$$

$$275,73 \text{ g/kWh} = 275,73 \text{ kg/MWh}$$

Variante 1:

Geht man davon aus, dass der gesamte durch Holz ersetzte fossile Wärmebereitstellungsmix der Stadt Bad Wildungen durch moderne **Holzzentralheizungen** oder **Heizwerke** mit Wirkungsgraden von über 80 % erfolgt, werden pro substituierter MWh **282,38 kg CO₂** (275,73 kg CO₂-Äquivalent) eingespart. Bei einem mobilisierbaren Energieholzpotential von 52.559 MWh (optimistischer Ansatz) könnten die **CO₂-Emissionen** in der Stadt somit um 282,38 kg/MWh x 52.559 MWh = 14.841.610 kg (≈ **14.842 t**) **reduziert** werden.

Variante 2:

Vorausgesetzt, dass auch weiterhin ein **Großteil** der **Holzbrennstoffe** der Stadt Bad Wildungen in **Küchenherden, Kaminen** und **Kachelöfen** (anstatt in Holzzentralheizungen oder Heizwerken) verbrannt werden, **reduziert** sich der oben berechnete Emissionsfaktor um **20 %** auf **225,90 g/kWh** bzw. 225,90 kg/MWh. Bei dem mobilisierbaren Energieholzpotential von 52.559 MWh würden sich die **eingesparten CO₂-Emissionen** in diesem Fall auf 225,90 kg/MWh x 52.559 MWh = 11.873.078 kg (≈ **11.873 t**) belaufen.

6.4 Möglicher Beschäftigungsimpuls durch eine Forcierung der Holzenergie

Ein von den Befürwortern der regenerativen Energien häufig genanntes Argument für den Ausbau der Biomasse ist die **Schaffung** von **Arbeitsplätzen**. Biomasse sichere und schaffe Beschäftigung, vor allem im **strukturschwachen ländlichen Raum**. Doch entstehen durch den Einsatz der Biomasse pro Kilowattstunde (kWh) tatsächlich mehr Arbeitsplätze als im Bereich der fossilen Energien wie Mineralöl oder Erdgas gleichzeitig ersetzt werden? Das folgende Szenario soll einen Anhaltspunkt geben, wie die **Nettobilanz** beim quantitativen Ausbau der Holzenergie in der Region unterm Strich aussehen könnte. Der Ersatz von Arbeitsplätzen in der entsprechenden fossilen Referenz ist in den Berechnungen bereits berücksichtigt. Als Grundlage der Berechnungen dient eine Studie des **ÖKO-INSTITUTS** (2004), die auf Fragen der künftigen Biomasseentwicklung wie Anteil am Energieverbrauch, Technologien, Kosten, Umwelt- und eben auch Beschäftigungseffekte Antworten gibt. Das folgende Szenario wird in zwei Varianten durchgespielt. In einer ersten Version werden die Auswirkungen des gesteigerten

Holzenergieeinsatzes auf die Beschäftigung bei einer reinen **Wärmeenergienutzung** in Form von **Holzzentralheizungen** untersucht. Eine zweite Variante zeigt den **Beschäftigungsimpuls** für die reine **Wärmeenergienutzung** in **Heizwerken** mit Wärmeverteilnetzen (Nahwärmeverbund).

6.4.1 Einsatz des Holzes in Zentralheizungen

Tabelle 31: Beschäftigte Personen pro Energieeinheit bei verschiedenen Heizsystemen (ÖKO-INSTITUT, 2004)

Wärme aus Holz	Beschäftigte Pers./TWh _{th} ⁵¹ Jahr 2010	Beschäftigte Pers./TWh _{th} Jahr 2030
Hackschnitzel-Hzg. 10 kW	378	348
Hackschnitzel-Hzg. 50 kW	289	265
Pellet-Hzg. 10 kW	446	421
Pellet-Hzg. 50 kW	420	397
Scheitholz ⁵²	1.421	1.421
Erdgas 10 kW	266	266
Heizöl 10 kW	333	333

Anhand der Tabellen 31 und 32 ist es nun möglich, den Beschäftigungseffekt für die Region näherungsweise zu bestimmen. Tabelle 32 zeigt, dass rund **20 %** der Gebäude in der Stadt **Mehrfamilienhäuser** mit einer **Kesselnennleistung** von ca. **50 kW** sind. Bei den restlichen **80 %** kann man von einer **Kesselnennleistung** von **10 kW** ausgehen. Durch die Ermittlung des Energieholzpotentials in Kapitel 4 und des Wärmebereitstellungsmixes der Stadt in Kapitel 5 stehen die weiteren für die Berechnung benötigten Daten zur Verfügung.

Tabelle 32: Bestand an Wohngebäuden in Bad Wildungen (STATISTISCHES LANDESAMT, 2004)

Stadt	Bestand an Wohngebäuden am 31.12.2003			
	Insgesamt	Davon mit ... Wohnungen		
		1	2	3 oder mehr
Bad Wildungen	4116	2207	1068	841

Zu Grunde liegende Annahmen der Variante:

- (1) Austausch eines Heizölkessels/Gaskessels durch eine Holzzentralheizung
 - 55 % Heizöl und 45 % Erdgas
 - 80 % 10 kW Holzzentralheizungen ⇒ 40 % Hackschnitzel; 40 % Pellets; 20 % Scheitholz
 - 20 % 50 kW Holzzentralheizungen ⇒ 50 % Hackschnitzel; 50 % Pellets
- (2) Substitution von 52.559 MWh_{th} fossiler Energie durch Holzenergie
 - 52.559 MWh ≈ 0,053 TWh

⁵¹ TWh_{th} = thermische Terawattstunde ⇒ 1 TWh = 10⁶ MWh bzw. 1 MWh = 0,000001 TWh

⁵² Quelle: PICHL et al. (1999) aus HAAS und KRANZL (2002)

Beschäftigungseffekt (2010):

a) Holz

- Pellet-Hzg. 10 kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 446
446 x 0,053 ≈ 24 Beschäftigte
- Hackschnitzel-Hzg. 10kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 378
378 x 0,053 ≈ 20 Beschäftigte
- Scheitholz: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 1.421
1.421 x 0,053 ≈ 75 Beschäftigte
- Pellet-Hzg. 50 kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 420
420 x 0,053 ≈ 22 Beschäftigte
- Hackschnitzel-Hzg. 50 kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 289
289 x 0,053 ≈ 15 Beschäftigte

Beschäftigung_{Holz} = 0,8 (10 kW Holzzentralheizungen) x (0,4 x Hackschnitzel + 0,4 x Pellets + 0,2 x Scheitholz) + 0,2 (50 kW Holzzentralheizungen) x (0,5 x Hackschnitzel + 0,5 x Pellets)

Holzzentralheizung = 0,8 x (0,4 x 24 + 0,4 x 20 + 0,2 x 75) + 0,2 x (0,5 x 22 + 0,5 x 15) ≈ **30**

b) Fossile Referenz:

- Erdgas: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 266
266 x 0,053 ≈ 14 Beschäftigte
- Heizöl: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 333
333 x 0,053 ≈ 18 Beschäftigte

Beschäftigung_{fossil} = 0,45 Erdgas + 0,55 Heizöl

Fossiler Mix = (14 x 0,45) + (18 x 0,55) ≈ **16**

Beschäftigungseffekt (2030):

c) Holz

- Pellet-Hzg. 10 kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 421
421 x 0,053 ≈ 22 Beschäftigte
- Hackschnitzel-Hzg. 10kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 348
348 x 0,053 ≈ 18 Beschäftigte
- Scheitholz: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 1.421
1.421 x 0,053 ≈ 75 Beschäftigte
- Pellet-Hzg. 50 kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 397
397 x 0,053 ≈ 21 Beschäftigte
- Hackschnitzel-Hzg. 50 kW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 265
265 x 0,053 ≈ 14 Beschäftigte

Holzzentralheizung = 0,8 x (0,4 x 22 + 0,4 x 18 + 0,2 x 75) + 0,2 x (0,5 x 21 + 0,5 x 14) ≈ **28**

d) Fossile Referenz:

Fossiler Mix = $(14 \times 0,45) + (18 \times 0,55) \approx 16$ (Berechnung: siehe oben)

Fazit:

Wenn **52.559 MWh** fossile Energie (55 % Heizöl und 45 % Erdgas) durch Holzenergie in Form von **Zentralheizungen** ersetzt würden, könnten in einem relativ kurzen Zeitraum (2010) theoretisch **14** zusätzliche **Arbeitsplätze** geschaffen werden. 16 Menschen würden zwar ihren Arbeitsplatz verlieren, gleichzeitig würden aber 30 neue Arbeitsplätze entstehen. Langfristig gesehen (2030) ebbt der Beschäftigungseffekt zwar ab, doch er wäre mit **12** zusätzlichen **Arbeitsplätzen** noch bedeutend.

6.4.2 Einsatz des Holzes in Heizwerken

Tabelle 33: Beschäftigte Personen pro Energieeinheit bei verschiedenen Heizsystemen (ÖKO-INSTITUT, 2004)

Wärme aus Holz	Beschäftigte Pers./TWh _{th} Jahr 2010	Beschäftigte Pers./TWh _{th} Jahr 2030
Hackschnitzel-HW 1 MW	340	329
Erdgas 10 kW	266	266
Heizöl 10 kW	333	333

Zu Grunde liegende Annahmen der Variante:

- (1) Austausch konventioneller Heizungen durch ein 1 MW Heizwerk mit Wärmeverbundnetz
 - 55 % Heizöl und 45 % Erdgas
- (2) Substitution von 52.559 MWh_{th} fossiler Energie durch Holzenergie
 - 52.559 MWh \approx 0,053 TWh

Beschäftigungseffekt (2010):

e) Holz

- Hackschnitzel-HW 1 MW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 340
 $340 \times 0,053 \approx 18$ Beschäftigte

f) Fossile Referenz:

- Erdgas: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 266
 $266 \times 0,053 \approx 14$ Beschäftigte
- Heizöl: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 333
 $333 \times 0,053 \approx 18$ Beschäftigte

Fossiler Mix = $(14 \times 0,45) + (18 \times 0,55) \approx 16$

Beschäftigungseffekt (2030):

g) Holz

- Hackschnitzel-HW 1 MW: Beschäftigte Personen/TWh_{th} = 329
329 x 0,053 ≈ **17** Beschäftigte

h) Fossile Referenz:

Fossiler Mix = (14 x 0,45) + (18 x 0,55) ≈ **16** (Berechnung: siehe oben)

Fazit:

Würde die Holzenergie in Form von **Heizwerken** mit Wärmeverbundnetz zur Wärmeerzeugung eingesetzt, fiel der **Beschäftigungseffekt geringer** aus. Bis zum Jahr 2010 würden netto **zwei** zusätzliche **Arbeitsplätze** entstehen. Diese schwach ausgeprägte Auswirkung auf den Arbeitsmarkt würde sich bis zum Jahr 2030 mit nur noch **einem** zusätzlichen Beschäftigten **weiter abschwächen**.

6.5 Regionale Wertschöpfung am Beispiel der Stiftungsforsten Haina

Wie ein effizienter Wertschöpfungsprozess für den Energieträger Holz aussehen könnte, zeigt das Beispiel der Biomasseheizwerke der Stiftungsforsten Haina. Hier erfolgt die Inwertsetzung des Rohstoffes effektiv in einer koordinierten Wertschöpfungskette von der Erschließung bis hin zur energetischen Verwertung. Die folgende Abhandlung ist angelehnt an den Artikel „**Wärme aus dem nahen Wald – ein Stiftungsforstamt als Energiedienstleister**“ von MANFRED ALBUS (2003), dem Leiter des Forstamtes Haina, ergänzt mit Informationen aus der Diplomarbeit von BIENECK (2001) und eigenen Berechnungen. Zusätzliche Quellen sind explizit angegeben.

6.5.1 Allgemeines zum Forstbetrieb und zu den Heizwerken

Das Kommunalforstamt Haina gehört als eigenständiger Betrieb zum Landeswohlfahrtsverband Hessen (LWV) und liegt im nordwesthessischen Bergland bzw. im nördlichen hessischen Schiefergebirge. Der LWV Hessen ist überörtlicher Träger der Sozialhilfe, Kriegsopferfürsorge und Schwerbehindertenhilfe. Gleichzeitig unterhält er Einrichtungen der Psychiatrie, Orthopädie und der Jugendhilfe, sowie Heime für Behinderte und Sonderschulen. Die Stiftungsforsten Haina verwalten knapp 7.500 Hektar ehemaligen Klosterbesitzes an den Standorten Haina und Merxhausen. Als Wirtschaftsbetrieb mit kaufmännischer Buchführung werden jährlich 40.000 – 45.000 Fm Holz eingeschlagen, einschließlich der ca. 12.000 Fm Industrieholz, die als Zwangskoppelprodukt mit anfallen. Aufgrund **fehlender Kostendeckung** bei der **Aufarbeitung der Industrieholzsortimente**, blieb seit Anfang der 90er Jahre der **Anspruch einer Flächen deckenden Waldpflege** zunehmend **unerfüllt**. Auf der Suche nach einem Ausweg aus diesem Dilemma kam dem Leiter des Forstamtes die Idee, das anfallende **Industrieholz** der **thermischen**

Verwertung zuzuführen. Die Renaissance des „Brennholzes“ birgt nach seiner Meinung einige Vorteile in sich. Sie ist regionalbezogen, hilft heimische Arbeitsplätze zu sichern, liefert eine dauerhaft sichere, Holzmarkt unabhängige Einnahmequelle und einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Reduzierung. Trotzdem gab es zunächst einige Bedenken und Widerstände von Seiten des LWV, als 1992 von ihm der Vorschlag unterbreitet wurde, die bislang Öl versorgten Krankenhäuser der psychiatrischen Kliniken in Haina und Merxhausen auf Holzenergie umzustellen. Trotz des anfänglichen Gegenwindes sind nach mehrjährigen Planungs- und Genehmigungsphasen und anschließender recht kurzer Bauzeit die Biomasseheizwerke Merxhausen und Haina 1998 bzw. 2001 in Betrieb genommen worden.

Der Holzheizkessel in Merxhausen hat eine Leistung von 1.750 kW und versorgt 32 Gebäude in einem Wärmenetz von 32 km Länge mit Wärmeenergie. Der Brennstoffbunker besitzt ein Volumen von 500 m³. Im Kloster Haina versorgt das Biomasseheizwerk mit der Nennleistung von 1.500 kW einen Komplex von 34 Gebäuden. Der zugehörige Brennstoffbunker fasst 330 m³. Die Hackschnitzel werden über einen hydraulischen Schubboden aus dem Bunker zum Querförderer gebracht. Über den Querförderer gelangt das Brennmaterial in einen Fallschacht, der zum Kesseleinschub führt und dann letztendlich im Holzheizkessel endet. In beiden Heizwerken wird mit dem Holzessel die Grundlast abgefangen. Ein verbleibender Ölkessel übernimmt die Spitzenlast und den Sommerbetrieb. So wird der „Trägheit“ und dem jeweiligen Wirkungsgrad des Holzessels optimal Rechnung getragen. Mittlerweile befinden sich zwei weitere Heizwerke an den LWV-Krankenhausstandorten Marburg und Riedstadt am Netz.

6.5.2 Die „Kooperation“

Das Besondere der Biomasseheizwerke des Stiftungsforstamtes Haina liegt in der Kombination des Forstamtes als Energielieferant und den Krankenhäusern als Energieabnehmer unter einem Dach, dem LWV Hessen. Doch gerade diese Tatsache scheint eine ideale Voraussetzung für eine Kooperation zu sein. Als **oberster Grundsatz der Zusammenarbeit** gilt, dass **beiden Vertragspartnern** ein betriebswirtschaftlicher **Vorteil** aus der **energetischen Nutzung** des Holzes entstehen soll. Abrechnungsgrundlage des Vertrages ist die tatsächlich verbrauchte, hinter dem Kessel gemessene Wärmeenergie in kWh und nicht die sonst übliche Abrechnung nach gelieferten Schüttraummetern. Die gelieferte Wärmeenergie wird anhand des jährlichen Heizölpreises umgerechnet. Bezugswert ist hier wiederum das **Heizöläquivalent** (1 Liter Öl entspricht 10 kWh). Es stellt sich nun die Frage, wie beide Partner aus diesem Geschäftsfeld profitieren sollen. Der Vorteil der Krankenhäuser besteht vordergründig aus dem einfachen und fairen Abrechnungsverfahren. Die gelieferten Hackschnitzel mit ihren unterschiedlichen Baumart bedingten Rohdichten, Wassergehalten und Energieinhalten müssen nicht ständig gemessen und gewogen werden. Damit entfällt schon einmal ein beachtlicher Verwaltungsaufwand. Viel entscheidender für

die Krankenhäuser ist aber die Tatsache, dass durch die Abrechnung hinter dem Heizkessel die Kesselumwandlungsverluste wegfallen. Der **Kesselumwandlungsverlust** ist die Differenz zum 100 %igen **Kesselwirkungsgrad** einer **Verbrennungsanlage**. Die Kesselumwandlungsverluste beinhalten die fühlbare **Wärme** der **Abgase** und die chemischen Verluste aufgrund einer unvollständigen Verbrennung des Holzes. Zusätzlich zu den Abgasverlusten und den Verlusten durch die unvollständige Verbrennung treten auch noch Strahlungs- und Rostverluste auf. Strahlungsverluste entstehen durch Wärmeabstrahlung des heißen Kessels in den Heizraum, Rostverluste aufgrund unverbrannter Holzbestandteile in der Asche. Die **Kesselumwandlungsverluste** betragen zusammen rund **10 – 15 %** (BUNK und MAURER, 2003).

Die Krankenhäuser kaufen die Energie also dauerhaft um diesen **Prozentsatz billiger** ein, da auch bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern Kesselumwandlungsverluste in ähnlicher Größenordnung auftreten. Zusätzlich übernimmt der Forstbetrieb aufgrund der höheren Wartungs- und Betriebskosten im Vergleich zu einem reinen Ölkessel noch ein **Drittel** der **Personalkosten** des Kesselwärters. Der **Vorteil** für den Forstbetrieb besteht in einem **kontinuierlichen Industrieholzabsatz**, einer hohen **Flexibilität** bei **Waldschutzproblemen** und einem beachtlichen **Profitpotential** bei weiter **steigenden Ölpreisen**. Dafür trägt der Forstbetrieb auch das alleinige betriebswirtschaftliche Risiko, falls der Ölpreis unter die Wärmegestehungskosten fällt. Die **Wärmegestehungskosten** setzen sich zusammen aus den reinen **Brennstoffkosten** („Materialwert“ des Holzes, Bereitstellungskosten, Lagerungs- und Transportkosten), den **Anlagekosten** (Nettoinvestitionssumme, Nebenkosten für Planung, Genehmigung und Gutachten) und den **Betriebskosten** (Wartung, Instandhaltung, Versicherung, Betriebsmittel und Ascheentsorgung). Fasst man diese Kosten betriebswirtschaftlich in einer Annuitätsrechnung mit Abschreibung und Verzinsung zusammen, erhält man die Wärmegestehungskosten pro Energieeinheit (MARUTZKY UND SEEGER, 1999).

6.5.3 Die Logistikkette

Der Forstbetrieb betreibt die beiden Biomasseheizwerke mit Waldholz-Hackschnitzeln und mit Industrierestholz-Hackschnitzeln aus Sägewerken der näheren Umgebung. Die hessische „**Biomasse-Förderrichtlinie**“ schreibt bei einer öffentlichen **Bezuschussung** den Einsatz von mindestens **51 % Waldholz-Hackschnitzeln** vor. Aufgrund der energetischen und nicht Volumen oder Gewichts bezogenen Abrechnung wird ausschließlich **Hartlaubholz**, insbesondere **Buchen- und Eichenindustrieholz**, verbrannt. Durch die höhere Energiedichte pro Volumeneinheit reduzieren sich so die Aufarbeitungs- und Transportkosten je kWh. Das Waldholz stammt zum überwiegenden Teil aus Jungdurchforstungen im Stangenholz bzw. geringem Baumholz. Die Entnahmebäume werden bis zu einem Zopfdurchmesser von 5 cm aufgearbeitet. Eine weitere Reduzierung wäre nicht nur unwirtschaftlich durch überproportional steigende Aufarbeitungs-

kosten, sondern auch ökologisch bedenklich, da sonst ein beträchtlicher Teil der Nährstoffe aus dem Bestand exportiert würde.

Des Weiteren werden die Kronenstücke der Altdurchforstungen und der Zielstärkennutzungen energetisch verwendet, die sonst als Industrieholz lang (IL) an die Spanplattenwerke verkauft werden oder als Palettenholz der Güteklasse D bzw. Cgw ausgehalten werden. Der Anteil des Waldholzes aus Jungdurchforstungen liegt zwischen 60 und 70 %, der Rest stammt aus dem Kronenmaterial. Allgemein kann man sagen, dass **minderwertige Sortimente** bis zu einem **Durchmesser** von ca. **50 cm** als **Energieholz** verwendet werden. Die Aufarbeitung erfolgt entweder durch Unternehmer in den üblicherweise defizitären Jungdurchforstungen oder durch eigene Forstwirte bei der Starkholzernte. Der Unternehmereinsatz erfolgt in der Regel vollmechanisiert mit dem Harvester. Die Kosten der Rohholzaufarbeitung je Festmeter IL durch den Unternehmer lagen in Jahren 1999 bis 2001 bei durchschnittlich 21 € (20– 22 €) frei Waldstrasse. Die Werbungskosten des Energieholzes bei der Starkholzernte betragen durchschnittlich 23 € (21 – 25 €) je Festmeter. Um einen **hohen Heizwert** zu erzielen, wird das Hackholz nur „**sommertrocken**“ verbrannt. Das Rundholz wird aus diesem Grund nach einer passiven Trocknungszeit von einem Sommer durch LKWs zusammengefahren und auf einem zentralen Holzlagerplatz von einem angemieteten Mobilhacker (Jenz HEM 35 D) zerkleinert. Die Beschickung des Mobilhackers erfolgt durch einen Radbagger (Atlas 1302), der mit einer Spezialzange ausgerüstet ist. Die durchschnittliche Leistung dieser Maschinenkombination liegt bei ca. 90 SRm pro Stunde, die maximale Leistung beträgt 120 SRm/Std. Der **Wassergehalt** der **Hackschnitzel** hat sich durch die Lagerung über Sommer auf durchschnittlich **30 %** reduziert. Der Wert kann je nach Witterung (möglichst trocken und warm) und Lagerort (sonnig und nicht windgeschützt) etwas schwanken.

Es handelt sich um sogenanntes Grobhackgut mit einem Umrechnungsfaktor Festmeter zu Schüttraummeter von ca. 1 : 2,8. **Ein Festmeter Rundholz** ergibt demnach ca. **drei Schüttraummeter Hackgut**. Der **Heizwert** eines **Schüttraumeters** beträgt somit ca. **900 kWh** (2500 kWh/Fm : 2,8 = 900 kWh/SRm). Eine Trocknung über mehrere Jahre ist nicht sinnvoll, da der höhere Heizwert des trockneren Holzes durch den Zellulose- und Ligninabbau der Holz zersetzenden Pilze mehr als kompensiert wird. Von dem zentralen Holzlagerplatz werden die Hackschnitzel mit landwirtschaftlichen Großkippern in den ca. 800 m entfernten Bunker der Heizanlage gebracht. Die strengen Lärmemissions-Vorschriften der Krankenhäuser lassen das betriebswirtschaftlich günstigere Hacken des Rundholzes direkt am Bunker nicht zu.

6.5.4 Betriebswirtschaft und Wertschöpfung

Die Investitionssumme für die beiden Biomasseheizwerke beliefen sich auf 995.000 € für das Heizwerk in Merxhausen und 965.000 € für das Heizwerk in Haina. Die Finanzmittel für die Investitionssumme wurden aus der forstbetrieblichen Waldrücklage (früher erwirtschaftete, überplanmäßige Überschüsse und Erträge aus Abschreibungen) und nicht vom freien Kapitalmarkt bezogen, trotzdem wurde für die Annuitätsrechnung der Jahreszinssatz unterstellt, mit der die Waldrücklage tatsächlich verzinst wird. Wie bereits erwähnt, wurde die Biomasseheizwerke vom Land Hessen jeweils mit 30 % bezuschusst, so dass Netto-Investitionssummen von 696.500 € bzw. 675.500 € in die Annuitätsrechnung einfließen. Bei einer angenommenen Nutzungs- und Tilgungsdauer von 20 Jahren ergeben sich so Anlage- und Betriebskosten von ca. 1,0 Cent pro kWh. Um eine ehrliche Vollkostenrechnung zu erhalten, wurden von Anfang an die **betriebswirtschaftlichen Aufwände** und **Erträge** der **Energieholzsparte** von den **übrigen forstbetrieblichen Aktivitäten** strikt **getrennt**. Dazu gründete man den buchhalterischen Nebenbetrieb „HEH-Holzenergie Haina“. Die HEH kauft das Industrieholz beim Stiftungsforstamt zu den jeweils aktuellen Industrieholzpreisen, wie die Spanplattenwerke auch, ein. Die gesamten weiteren Bearbeitungs- und Transportkosten, sowie zusätzliche spezifische Verwaltungskosten trägt die HEH. Das **unternehmerische Risiko** bzw. die **Gewinnspanne** hängt von **zwei** entscheidenden **Einflussgrößen** ab. Zum einen vom international festgelegten **Heizölpreis**, zum anderen vom national bestimmten **Industrieholzpreis**.

Im Folgenden wird versucht, ein denkbares Szenario über die aktuelle (November 2005) Wertschöpfung und für das Jahr 2010 anhand der Datenbasis des Jahres 2001 darzustellen. Die **Jahreswärmeproduktion** des **Heizwerkes** von 6,5 – 7,5 Mio. kWh wird durch die **Verbrennung** von rund **10.000 SRm Hartlaubhölzern** erzeugt (Energieausbeute pro SRm: 900 kWh – 15 % Kesselumwandlungsverlust = 765 kWh). Dies entspricht ca. 3.000 – 3.500 Fm Rundholz. Die Bereitstellungskosten für die Waldholz-Hackschnitzel frei Bunker beliefen sich im Jahr 2001 auf ca. 14 – 16 €/SRm. Dabei entfielen auf den Rundholzanteil, je nach Hackschnitzelausbeute und Eichenanteil, Kosten von ca. 7,00 – 8,50 €/SRm (\approx 21,0 – 26,0 €/Fm). Entsprechend lagen die Kosten für den Rundholz-Transport, das Häckseln, den Hackschnitzel-Transport und den Frontlader-Einsatz zum Befüllen des Brennstoffbunkers bei 7,00 – 7,50 €. Die Industrieholz-Hackschnitzel wurden zu diesem Zeitpunkt zu Preisen von 7,60 – 9,60 € eingekauft. Die Preise für dieses Energieholz-Segment waren aber aufgrund erhöhter Nachfrage bereits tendenziell steigend. Im Mittel ergab sich so durch den **Energieholzmix** aus **Waldrestholz** und **Industrierestholz** ein finanzieller **Durchschnittsaufwand** - je nach Anteil der Restholz-hackschnitzel - von **11,20 bis 12,20 € pro SRm** (2001). Bei der Netto-Energieausbeute eines Schüttraumeters von ca. 765 kWh (Heizwert von 900 kWh reduziert mit dem Kesselumwandlungsverlust von 15 %) entstanden somit Brennstoffkosten von rund 1,5 Cent pro

kWh (1.200 Cent/765 kWh). Hinzu kamen die Anlage- und Betriebskosten von ca. 1,0 Cent/kWh, so dass die **Wärmegestehungskosten** im Jahr 2001 bei **2,5 Cent pro Kilowattstunde** lagen. Aufgrund der gestiegenen Brennstoffpreise - sowohl für Industrieholz als auch für Industrieresthölzer – und vermutlich höherer Anlage- und Betriebskosten (gestiegene Lohnkosten etc.) werden die **Wärmegestehungskosten** für eine **aktuelle** betriebswirtschaftliche **Kalkulation anzuheben** sein. Der folgenden Berechnung liegt die pessimistische Annahme zu Grunde, dass sich die **Wärmegestehungskosten** mittlerweile (Stand: November 2005) um **1,0 Cent** auf **3,5 Cent/kWh** erhöht haben.

6.5.5 Betriebswirtschaftliche Ergebnisse

Bei einem aktuellen Heizölpreis⁵³ von 50 Cent pro Liter (Stand 04.11.2005, [15]) ist ein Wärmeertrag von 5,0 Cent/kWh (**Heizöläquivalent!**) zu erzielen. Unter Berücksichtigung der **Wärmegestehungskosten** von **3,5 Cent** bleibt unter den genannten Konstellationen (Industrieholz- und Heizölpreis) ein Überschuss von 1,5 Cent pro Kilowattstunde. Andererseits bedeutet ein **Absinken** des **Heizölpreises** unter **35 Cent** pro Liter ein **Unterschreiten** der **Kostendeckungsgrenze** bzw. der „Schwarzen Null“. Bei einem **ausschließlichen Einsatz** von **Waldholz-Hackschnitzeln** aus der Region verschiebt sich die „Schwarze Null“ aufgrund der **höheren Brennstoffkosten** (0,5 Cent/kWh) um rund 5 Cent auf **40 Cent** pro Liter. Trotzdem ergibt sich bei dem **aktuellen Heizölpreis** von 50 Cent ein **Überschuss** von **1,0 Cent pro kWh**. Bei einer Netto-Energieausbeute von 2.125 kWh pro Festmeter (Heizwert: 2.500 kWh/Fm – 15 % Kesselumwandlungsverlust = 2.125 kWh) erhöht sich so der **Holzerntekosten freie Erlös** des **Industrieholzes** um **21,25 €** je Festmeter (2.125 kWh x 1,0 Cent/kWh = 21,25 €). Bei einem jährlichen Verbrauch von 6.000 – 7.000 Festmetern Industrieholz in den beiden Heizwerken ergeben sich somit – unter den getroffenen Annahmen - **zusätzliche Einnahmen** für den Forstbetrieb als Energiedienstleister von **127.500 bis 148.750 €**.

Das ÖKO-INSTITUT (2004) prognostiziert für das Jahr 2010 Wärmegestehungskosten für ein 1 MW Hackschnitzel-Heizwerk (siehe 6.1.1) von **5,3 Cent** pro kWh. Gleichzeitig wird – das „Best- Case-Szenario“ vorausgesetzt – ein **Anstieg** der **Heizölpreise** auf über **100 Cent pro Liter** erwartet [16]. Damit würde sich der **Überschuss** auf rund **5 Cent pro kWh** erhöhen. Bei der Netto-Energieausbeute von 2.125 kWh je Fm könnte so ein **zusätzlicher Erlös** aus dem sonst kaum die Erntekosten deckenden Sortiment Laubindustrieholz-lang (IL) von **106,25 €** erzielt werden.

⁵³ Nettopreis bei einer Abnahmemenge von mehr als 12.500 Litern

7 Benötigte Initiativen und Strukturen eines „Regionalmarktes Holzenergie Bad Wildungen“

Das folgende Kapitel stellt denkbare Initiativen und Strukturen dar, durch deren Hilfe der quantitative Ausbau der Holzenergie in einem institutionalisierten „Regionalmarkt Holzenergie“ forciert werden könnte.

7.1 Gründung einer „Arbeitsgruppe Holzenergie Bad Wildungen“

Akteure:

- Forstamt Vöhl
- Holzfachschule Bad Wildungen
- „Amt für ländlichen Raum“, Korbach
- Stadt Bad Wildungen, „Agenda 21-Arbeitsgruppe Energie und Klimaschutz“
- EWF als lokaler Energieversorger
- „Brennholzhändler“, Forstunternehmer
- Straßenmeisterei
- Heizungsbauer, Installateure

Ziele:

- Mobilisierung des regionalen Energieholzpotentials
- Initiierung eines „Wertschöpfungsnetzes Holz“ (Regionalmarkt Holzenergie)
- Einführung einer Koordinierungsstelle
- Koordination von Angebot und Nachfrage an Holzbrennstoffen
- Kooperation und Kommunikation

Um den **quantitativen Ausbau** der **Holzenergienutzung** durch Mobilisierung des regionalen Potentials zu forcieren, wäre es erforderlich, **Vertreter** aller im Bereich Holzenergie **relevanten Akteure** der Region in ein „Boot zu holen“. In dem konkreten Fall wären dies zuerst diejenigen, die das Potential erschließen, also das **Forstamt Vöhl** (Waldholz), das **„Amt für ländlichen Raum“** in Korbach (Energieholzplantagen), die **holzbe- und verarbeitenden Betriebe** (Industrierestholz), die **Kommune** (Gebrauchtholz) und die **Straßenmeisterei** (Landschaftspflegeholz). Weiterhin die Personen, die das Holz anschließend aufbereiten, transportieren, lagern und vermarkten – das Forstamt und die **„Brennholzhändler“** der Region. Hinzu käme der Personenkreis, der vor Ort im Bereich der Holzenergienutzung ausgebildet, qualifiziert und berät. Für Bad Wildungen wären dies insbesondere die **Holzfachschule**, aber auch die zuständigen **Bezirksschornsteinfeger**, die örtlichen **Energieberater** und der lokale **Energieversorger EWF**. Daneben müssten Vertreter der ortsansässigen Betriebe der Branche für **Heizungs- und Klimatechnik** mit eingebunden werden. Natürlich sollte auch ein Vertreter der **Stadt Bad Wildungen** als politischer Entscheidungsträger dem Gremium angehören.

Primäres Ziel der „Arbeitsgruppe Holzenergie Bad Wildungen“ wäre die Mobilisierung der vorhandenen Potentiale durch die **Institutionalisierung** eines **Wertschöpfungsnetzes** als organisierter „**Regionalmarkt Holzenergie**“, um die ökonomischen Vorteile gezielt und effizient für die Region zu nutzen. Dabei sollte die Arbeitsgruppe vor allem als **Initiator** dienen. Wie ein solches **Wertschöpfungsnetz** aussehen könnte, verdeutlicht Abbildung 24. Weiterhin könnte die Arbeitsgruppe die **Öffentlichkeitsarbeit** im Sinne des Holzes als heimischer Energieträger intensivieren und gemeinsame **Projekte** zum Thema aus der Taufe heben. Durch die Vielzahl der beteiligten Institutionen/Behörden würde eine konzertierte Aktion ein verstärktes Medieninteresse hervorrufen bzw. ein größeres Publikum ansprechen.

7.1.1 Beschluss einer „Charta Holzenergie“

Mit dem organisierten Ausbau der Energieversorgung aus Holzbrennstoffen in einem „Regionalmarkt Holzenergie“ würde die Stadt Bad Wildungen für sie unbekanntes Terrain betreten. Die Erfahrungen aus anderen Kommunen sind noch begrenzt, zudem bedarf es zunächst eventueller Investitionen als „Starthilfe“. So wäre die Versuchung groß, den Status quo zu wahren oder auf alt Bewährtes zurückzugreifen. Die Akteure der „AG Holzenergie Bad Wildungen“ benötigten deshalb eine **klare Stellungnahme pro Holzenergie** der politischen Entscheidungsträger. Da der Ausbau der regenerativen Energien sowieso ein wichtiges Handlungsfeld des lokalen „Agenda 21-Projektes“ der Stadt Bad Wildungen darstellt [3], sollte die Entscheidung zur Ausweitung der energetischen Nutzung des Holzes als **Grundsatzentschluss** („**Charta**“) von der Stadtverordnetenversammlung unterstützt werden. Damit besäßen die Initiatoren politische „**Rückendeckung**“ und den potentiellen Abnehmern der Holzbrennstoffe („**Wärmekunden**“) würde ein **positives Signal** und der Wille zum nachhaltigen Wirtschaften im Sinne der „Agenda 21“ demonstriert.

Eine „**Charta Holzenergie**“ sollte unter anderem folgende Eckpunkte beinhalten:

- Formulierung der **allgemeinen Ziele** ⇒ Ausbau der energetischen Nutzung des Holzes, CO₂-Einsparung, Förderung der regionalen Wirtschaft
- **Größenordnung** ⇒ wie viel % des Energiebedarfes (Wärmeenergie) bzw. wie viel MWh sollen durch Holzbrennstoffe gedeckt werden
- **Zeitraum** ⇒ in welchem Zeitraum sollen die Zielvorgaben erreicht werden
- **Zuständigkeit** ⇒ Forstamt oder Umweltbüro der Stadt
- **Monitoring** ⇒ alle 5 Jahre: wie viel der Zielvorgabe ist erreicht
- **Instrumente** ⇒ regelmäßige (alle 5 Jahre) Wiederholung der Haushaltsbefragung

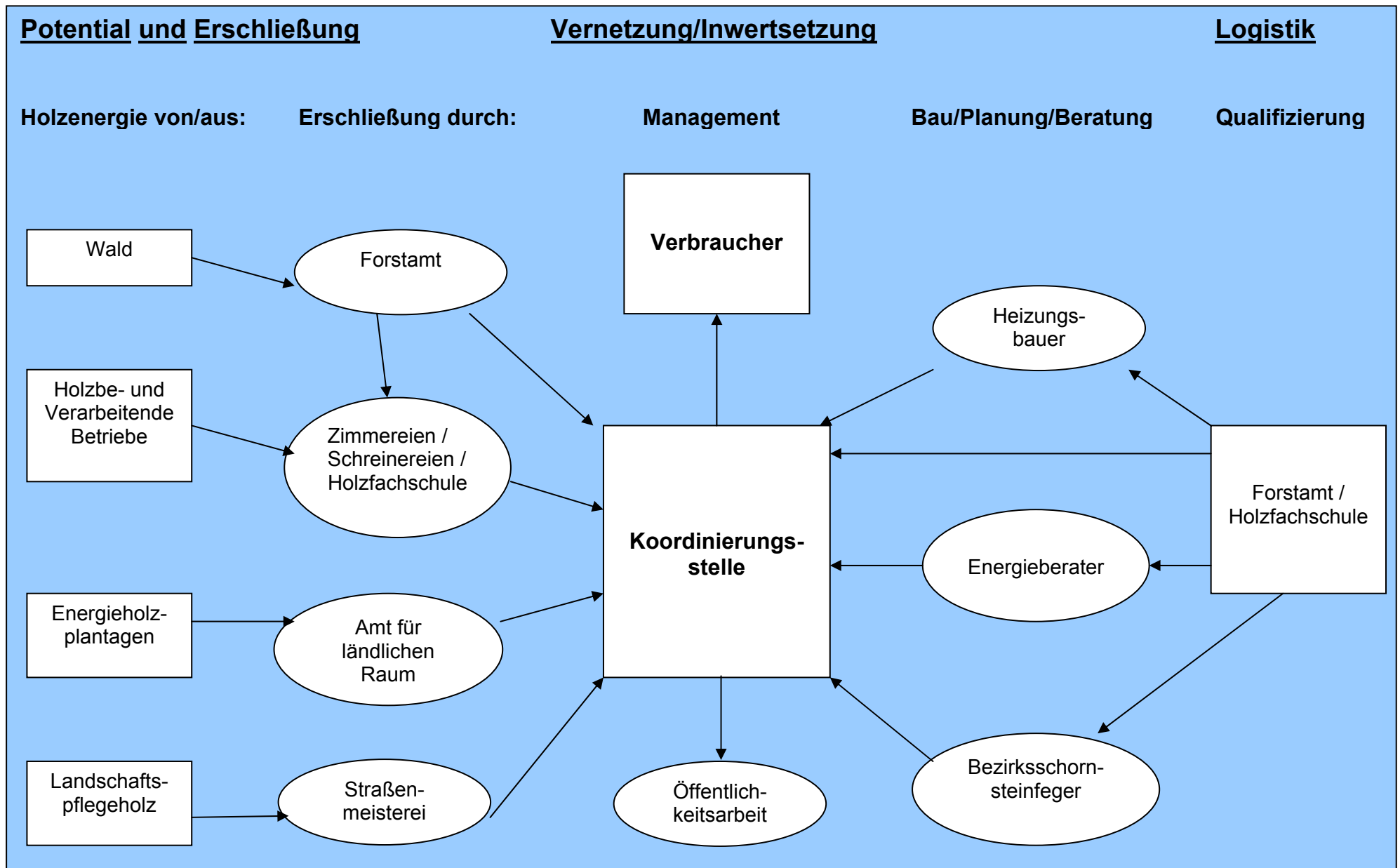


Abbildung 24: Wertschöpfungsnetz "Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen" (modifiziert nach TAT, 2002)

7.2 Wertschöpfungsnetz „Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen“

Betrachtet man sich die momentane Situation zur Brennholznutzung in der Region, ist zu konstatieren, dass die Wertschöpfung aus dem Energieträger Holz bislang noch wenig effektiv und koordiniert erfolgt. Es sprechen aber viele Argumente für den Aufbau eines strukturierten und organisierten Wertschöpfungsnetzes „Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen“. Verdeutlicht werden soll diese Aussage anhand der Abbildung 25 zum Waldenergieholz.

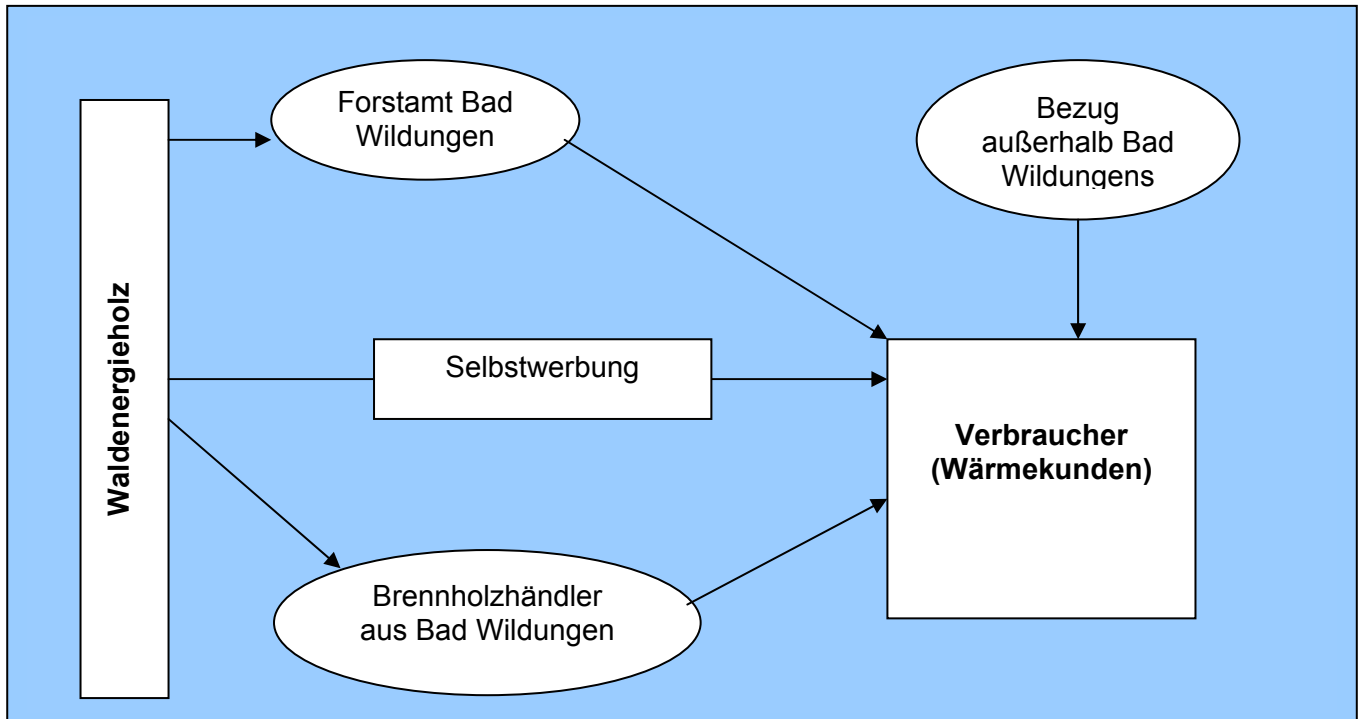


Abbildung 25: Bezugsquellen für den Brennstoff Holz in Bad Wildungen

Die Haushaltsbefragung hat gezeigt, dass bislang verschiedene Wertschöpfungsketten unkoordiniert nebeneinander existieren, um den Bedarf an Holzbrennstoffen zu decken. Dabei fällt auf, dass **über 60 %** der „Holzheizer“ ihren **Brennstoffbedarf** in **Selbstwerbung** decken. Ein Tatstand, der das noch brachliegende Inwertsetzungspotential (Beschäftigung und Wertschöpfung) belegt. Wird nämlich ein **hoher Anteil** der **Brennstoffbereitstellung** in **Eigenleistung** erbracht, kommt es zu einem vergleichbaren **negativen Verteilungseffekt** für die Region wie bei den **fossilen Energieträgern**. Die geringeren Ausgaben für die Heizkosten würden zwar vermutlich eine **Erhöhung** des **privaten Konsums** bedingen, doch fließt dabei ein Großteil des Geldes in andere Regionen oder sogar ins **Ausland**. Die **Selbstwerbung** bewirkt ebenso eine erhebliche **Reduktion** des **Beschäftigungseffektes** (HASS und KRANZL, 2002), da die Aufarbeitung durch versicherungspflichtige Arbeitnehmer entfällt. Daneben wird ein weiterer Teil des Brennstoffbedarfes durch **Brennstoffhändler** gedeckt. Doch auch hier findet **keine effektive Inwertsetzung** des Holzes statt, da der Brennstoffhandel selten deren Haupterwerbsquelle darstellt und der Verkauf ohne Rechnung häufig am Finanzamt vorbeiläuft.

Ein weiterer Aspekt, der für einen organisierten „Regionalmarkt Holzenergie“ spräche, wäre die **anspruchsvollere Brennstofflogistik**, die mit einer forcierten Brennholznutzung verbunden ist. Eine ambitionierte Holzenergie-Strategie für die Region würde **hohe Anforderungen** an die Brennstofflogistik stellen, denen diese in den folgenden Punkten gerecht werden müsste:

- Eine **konstant hohe Brennstoffqualität** - vor allem hinsichtlich der Holzfeuchte - muss gewährleistet sein, um das positive Image des Energieträgers zu wahren (ggf. Normierung und regelmäßige Überprüfung des Qualitätsstandards)
- Bei **Zentralheizungen** ist eine **kontinuierliche**, verlässliche und termingerechte Brennholzlieferung nötig, vor allem bei den Kunden, die keine Lagermöglichkeiten besitzen
- Bei **Heizwerken** muss eine **just-in-time-Lieferung** der Hackschnitzel gewährleistet sein, um hohe Lagerkosten zu vermeiden
- Im Sinne der Umwelt- und Klimadiskussion sind die CO₂-Emissionen durch **effiziente Transporte** zu minimieren

Dies sind aber nur zwei Argumente, die für einen organisierten Regionalmarkt sprechen. Wie man der Abbildung 24 entnehmen kann, bestände ein „Regionalmarkt Holzenergie“ grob aus **drei Bereichen**. Der **erste Bereich** stellt die „**Rohstoffquellen**“ und die **Akteure** dar, die sich für die Erschließung verantwortlich zeigen. Für das oben beschriebene Beispiel des Waldenergieholzpotentials wäre dies das **Forstamt Vöhl**. Die Mobilisierung des Waldenergieholzpotentials läge vollständig in dessen Zuständigkeitsbereich. Dies hätte den Vorteil, dass die Bereitstellung bedarfsgerecht durch qualifiziertes Personal, ohne die erwähnten negativen Auswirkungen erfolgen könnte (effizientere Inwertsetzung). In dem **zweiten Bereich „Logistik“** sind alle benötigten **Dienstleistungen** rund um die Heiztechnik zusammengefasst. Hierzu zählen die Sektoren Bau, Planung, Beratung und Qualifizierung. Eine wichtige Funktion käme dabei der **Energieberatung** zu. Die Haushaltsbefragung hat gezeigt, dass sich **68 %** der „wechselwilligen“ Bürger eine **neutrale Beratung** wünschen. In einem „Regionalmarkt Holzenergie“ könnte eine Energieberatung in Form eines **Gutscheines** finanziell bezuschusst werden. Eine Energieberatung vor der Neuinstallation einer Heizungsanlage besäße mehrere Vorteile. Zum einen könnten die Wärmekunden allgemein für die Energie sensibilisiert werden, zum anderen könnte konkret das für ein Gebäude sinnvollste Heizsystem (z.B. Bestimmung der Heizlast) konzipiert werden. Weiterhin sollten folgende Aspekte innerhalb der Energieberatung angesprochen werden:

- Empfehlung einer **Kesselnennleistung** in Kombination mit der **Heizlastberechnung**
- Hinweis auf die **Zusatzkosten** eines zu groß dimensionierten Pufferspeichervolumens
- **Wirtschaftlichkeitsberechnung** für verschiedene Heizsysteme (fossil und Holz)
- Aufzeigen der **Vor- und Nachteile** der verschiedenen Heizsysteme
- Hinweis auf die **Verpflichtung** des Herstellers/Installateurs zur **Schulung** auf die Anlage

- **Bewusstseinschärfung** für einen ordnungsgemäßen Betrieb und Wartung, auch in Bezug auf die Brennstoffqualität

Um die beiden vorher beschriebenen Bereiche effektiv zu verknüpfen, bedarf es einer **Koordinierungsstelle** in Form eines „**Energieholzmanagers**“. Er übernehme die Funktionen und Aufgaben der „AG Holzenergie“ als permanent installierte Institution in einem etablierten Regionalmarkt. Dazu würde neben der Koordination von Nachfrage und Angebot an Holzbrennstoffen eine aktive **Öffentlichkeitsarbeit** zählen. Vor allem aber wäre er die **Kontaktstelle** zu den Verbrauchern.

7.2 Ausbau der Öffentlichkeitsarbeit

7.3.1 Akzeptanz schaffen

Eine erfolgreiche Realisierung des Projektes „Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen“ ist stark davon abhängig, wie breit die **Akzeptanz** und **Unterstützung** sowohl in der Bevölkerung als auch in der Verwaltung der Stadt Bad Wildungen vorhanden ist. Die **Haushaltsbefragung** (siehe Kapitel 5) hat zwar gezeigt, dass mit **71 %** die überwiegende Zahl der Befragten die energetische Nutzung des Holzes **positiv** oder sogar **sehr positiv** sehen, doch immerhin noch **29 %** haben eine skeptische bzw. ablehnende Haltung gegenüber dem Brennstoff Holz. Tatsache ist auch, dass sich die **Mehrheit** (**54 %**) der befragten Bürger momentan keinen Wechsel auf eine Holzfeuerung vorstellen können. Es ist somit festzustellen, dass in der Stadt zwar bereits eine hohe Akzeptanz für den Energieträger Holz vorhanden ist, dennoch **zusätzliche Akzeptanz** schaffende Maßnahmen und eine **verstärkte Öffentlichkeitsarbeit** sinnvoll erscheinen. Um die bestehenden Vorurteile und Informationsdefizite zu beseitigen, könnten Informationsveranstaltungen und Seminare helfen, wie sie bereits im Rahmen der „**Bad Wildunger Holztage**“ 2001 veranstaltet wurden. Daneben bieten sich **Postwurfsendungen**, die lokale Tageszeitung **WLZ**⁵⁴ und das **Internet** (Homepage der Stadt Bad Wildungen⁵⁵) an, über das **Projekt „Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen“** selbst, den Stand der Entwicklung oder geplante Initiativen im Rahmen des Projektes zu berichten.

„Bad Wildunger Holztage“

Im Rahmen der „Bad Wildunger Holztage“ vom 26. bis 28. Oktober 2001 fand ein **Seminar** zur Information über das Heizen mit Holz statt. **Veranstalter** war die **Holzfachschule** Bad Wildungen, die auch die Örtlichkeiten zur Verfügung stellte. Inhaltlich und finanziell unterstützt wurde das Projekt von dem „Lokalen Agenda 21-Arbeitskreis“ der Stadt Bad Wildungen. **Ziel** der

⁵⁴ Waldeckische Landes-Zeitung

⁵⁵ <http://www.bad-wildungen.de>

Veranstaltung war es, alle **Interessierte** darüber zu **informieren**, wie mit **Holz wirtschaftlich, bequem und umweltfreundlich** geheizt werden kann. Das Seminar setzte sich unter anderem aus folgenden Programmpunkten zusammen (ANONYMUS, 2001):

- Heizen mit Holz – langfristig sicher und preiswert
- Der Brennstoff Holz ist vielseitig
 - a) Vorrat in der Region, Sortimente
 - b) Beschaffung des Brennstoffes Holz
- Die Wahl des Ofens
- Heizanlagen für nachwachsende Brennstoffe werden von Stadt, Land und Bund gefördert
- Gesetzliche Bestimmungen

Im Anschluss an das Programm fand eine **Beratung** für einzelne Anfragen statt, bei der die Referenten zu konkreten Anfragen der Teilnehmer Stellung nehmen konnten. Außerdem bestand die Möglichkeit, sich auf dem Gelände der Holzfachschule bei einer Ausstellung und Vorführung von Holzöfen über bestehende Techniken zu informieren. Es wäre sinnvoll, diese Veranstaltung – die „Bad Wildunger Holztag“ – in regelmäßigen Abständen wieder aufleben zu lassen. So könnte die Bevölkerung in einem Turnus von fünf Jahren sowohl über neue Techniken im Bereich der Holzfeuerungen als auch über den **Fortschritt des Projektes „Regionalmarkt Holzenergie“** informiert werden.

7.3.2 Interesse wecken

Informationsveranstaltungen, aber vor allem **-aktionen** zu den vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten und Vorteilen des Rohstoffes Holz helfen, dass **Interesse** von ortsansässigen Unternehmen und Einzelpersonen spielerisch zu wecken. Besonders Kinder und Jugendliche sind für diese Form der Öffentlichkeitsarbeit zu begeistern. Ein denkbares Modell könnte die Einrichtung eines „**Energie-Erlebnispfades**“ sein, wie Erfahrungen der Stadt Nürnberg zeigen (BMU, 2002).

„Energie-Erlebnispfad Holz“

Thematischer Schwerpunkt eines solchen hiesigen „**Energie-Erlebnispfades**“ wäre natürlich der Energieträger **Holz**, aber auch die allgemeine Bildung des **Energiebewusstseins** oder das Aufzeigen von Strategien zum **Energiesparen** könnten spielerisch vermittelt werden. Als **Zielgruppen** kämen vor allem Kinder und Jugendliche in Betracht, also in erster Linie **Kindergartengruppen** und **Schulklassen**. Aber natürlich sollte der Energie-Erlebnispfad auch Erwachsene wie Lehrer und andere „Multiplikatoren“ ansprechen.

Bei dem Energie-Erlebnispfad der Stadt Nürnberg handelt es sich um eine mobile Wanderausstellung aus momentan 16 Stationen mit zahlreichen interaktiven Tafeln. Es werden zur Zeit zwei Themenbereiche behandelt, wobei sich ein dritter zum Thema „**Energieversorgung der Zukunft**“ in Planung befindet. Der erste Bereich beschäftigt sich mit der Frage „**Was ist überhaupt Energie?**“, während der zweite Bereich sich mit der **Problematik der Energieversorgung** auseinandersetzt. In einem „**Energie-Erlebnispfad Holz**“ würde sich ein abschließender Themenbereich natürlich rund um den **Energieträger Holz** drehen. Die Ausführung sollte ebenfalls als **mobile Wanderausstellung** erfolgen, um ein möglichst großes Publikum zu erreichen. Durch die vorhandene Mobilität könnte der komplette Landkreis Waldeck-Frankenberg bzw. der gesamte Bereich Nordhessens abgedeckt werden. Als **Initiatoren** eines solchen regionalen Energie-Erlebnispfades kämen die **Holzfachschule Bad Wildungen** oder der ortsansässige **Energieversorger EWF** in Betracht. Die Finanzierung könnte über Sponsoring von privaten Unternehmen der Region wie die „Viessmann AG“ und öffentliche Mittel des Kreises Waldeck-Frankenberg oder einzelner Städte des Landkreises ermöglicht werden.

7.4 Vorreiterrolle der Stadt

Durch den Einsatz von Holzbrennstoffen zur Beheizung öffentlicher Gebäude oder Liegenschaften könnte die Stadt Bad Wildungen klar einen **Akzent** für den Energieträger Holz setzen und ihrer **Vorbildrolle** zur **CO₂-Reduzierung** durch die praktische Umsetzung der „Agenda 21-Verpflichtungen“ gerecht werden. Damit sendet die Stadt ein positives Signal für private Investoren aus. Zusätzlich könnte die Stadt, wie das Szenario aus 6.2.1 gezeigt hat, mehr als **220.000 €** jährlich an **Heizkosten einsparen**. Es existieren verschiedene Fallbeispiele, in der die Stadt Bad Wildungen den Einsatz von Holzfeuerungen als sinnvolle Alternative zu bisherigen Energieträgern prüfen sollte:

- es besteht starker **Sanierungsbedarf** bei einer bestehenden Heizungsanlage eines öffentlichen Gebäudes mit hohen Investitionsvolumen
- es bedarf einer neuen Heizungsanlage durch den **Umbau** eines öffentlichen Gebäudes
- es bedarf einer neuen Heizungsanlage durch den **Neubau** eines öffentlichen Gebäudes
- das Anstehen einer **Neubausiedlung** bietet große Chancen für den Einsatz eines Holzheizwerkes mit Nahwärmeverbund. Dafür ist allerdings frühzeitig eine konkrete Machbarkeitsstudie erforderlich. Die Stadt verfügt hier über das nötige Wissen zu anstehenden Neubauvorhaben und könnte als Eigentümer der betreffenden Grundstücke ihre Vorstellungen zur Wärmeversorgung einbringen.

8 Diskussion

8.1 Potentialermittlung

Tabelle 34: Energieholzpotential für die Stadt Bad Wildungen

Fraktion	Potential in MWh		Einfluss- Faktoren
	optimistisch	konservativ	
<i>Waldrest- und Durchforstungsholz</i>	36.605	18.302	<i>Anteil der stofflichen Nutzung</i>
<i>Ungenutzter Zuwachs</i>	/	/	<i>Hiebssatz</i>
<i>Energiewälder</i>	9.431	785	<i>Flächenverfügbarkeit</i>
<i>Landschaftspflegeholz</i>	2.804	1.538	<i>Einwohnerzahl</i>
<i>Industrierestholz</i>	1.074	1.074	<i>Eigennutzung</i>
<i>Gebrauchtholz</i>	2.645	1.058	<i>Einwohnerzahl Belastung</i>
Gesamt	52.559	22.757	

Bevor die in dieser Arbeit ermittelten Energieholzpotentiale im Folgenden mit anderen Potentialerhebungen verglichen werden, ist anzumerken, dass dem formulierten Anspruch, durch Auswertung lokal vorhandenen Datenmaterials ein möglichst exaktes und realitätsnahes Potential für die Region zu erhalten, zum überwiegenden Teil gerecht wurde. So konnte

lediglich bei der Ermittlung des Potentials aus der Landschaftspflege auf keinerlei „vor Ort“ gesammelter Daten zurückgegriffen werden.

Um eine Bewertung der in dieser Arbeit ermittelten Daten zum Energieholzpotential der Region vornehmen zu können, werden die Ergebnisse mit Potentialerhebungen von MÜLLER (2002) für die **Region Hegau/Bodensee**, der PROJEKTGEMEINSCHAFT BIOROHSTOFFE (2005) für das **Bundesland Hessen** und des HOLZABSATZFONDS [22] für **Deutschland** verglichen. Für die Gegenüberstellung werden die Werte des optimistischen Ansatzes herangezogen, da davon auszugehen ist, dass innerhalb der oben genannten Studien ebenfalls die maximalen Potentiale abgebildet sind. Um wirklich vergleichbare Bezugsgrößen zu bekommen, werden die Potentiale sowohl für die Bevölkerungszahl in kWh/Einwohner (Einwohner bezogen) als auch für die Flächeneinheit in kWh/ha (Flächen bezogen) berechnet. Außerdem werden die prozentualen Anteile der einzelnen Fraktionen am Gesamtpotential dargestellt. Da innerhalb der oben genannten Potentialstudien keine Ermittlung für die Fraktion der Energieholzplantagen erfolgte, bleibt dieses Segment in der Gegenüberstellung der Tabelle 35 unberücksichtigt. Zusätzlich wurde das von WESSENDORF (2000) auf Forstamtebene (8.680 ha) ermittelte Potential an Waldrest- und Durchforstungsholz auf die Waldfläche (6.234 ha) des Stadtgebietes (Verwaltungsebene) reduziert. Damit verringert sich das **Gesamtpotential der Region Bad Wildungen** für die folgende Gegenüberstellung der verschiedenen Potentialerhebungen auf **32.813 MWh**.

Tabelle 35: Vergleich verschiedener Potentialerhebungen

Gebiet Parameter	Bad Wildungen	Hegau/ Bodensee	Hessen	Deutschland ⁵⁶
Gesamtpotential in MWh	32.813	187.003,4	4.420.000	100.000.000
<i>Waldenergieholz in %</i>	<i>80,1</i>	<i>45,16</i>	<i>50</i>	<i>37,5</i>
<i>Landschaftspflegeholz in %</i>	<i>8,5</i>	<i>33,22</i>	<i>10⁵⁷</i>	<i>12,5</i>
<i>Industrierestholz in %</i>	<i>3,3</i>	<i>9,27</i>	<i>19</i>	<i>25</i>
<i>Gebrauchtholz in %</i>	<i>8,1</i>	<i>12,36</i>	<i>21</i>	<i>25</i>
<i>Waldfläche in %</i>	<i>52</i>	<i>30</i>	<i>41,7</i>	<i>31</i>
<i>Gesamtfläche in ha</i>	<i>12.008</i>	<i>80.000</i>	<i>2.111.484</i>	<i>35.697.000</i>
KWh/ha	2.733	2.338	2.093	2.801
<i>Einwohnerzahl</i>	<i>18.085</i>	<i>265.000</i>	<i>6.089.428</i>	<i>80.000.000</i>
<i>Bevölkerungsdichte</i>	<i>151</i>	<i>331</i>	<i>288</i>	<i>224</i>
KWh/Einwohner	1.814	705,67	725,85	1.250

Bei der Analyse der in Tabelle 35 gegenübergestellten Werte fällt auf, dass sich die Flächen bezogenen Potentiale der verschiedenen Potentialstudien allesamt im Bereich zwischen **2.000** und **3.000 kWh/ha** bewegen. Die Amplitude zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Ansatz beträgt lediglich 34 %. Der innerhalb dieser Arbeit ermittelte Wert von **2.733 kWh/ha** für **Bad Wildungen** liegt dabei im oberen Sektor. Nur die Studie des HOLZABSATZFONDS für Deutschland schätzt das Flächen bezogene Energieholzpotential mit **2.801 kWh/ha** noch höher ein. Auffällig groß ist der Anteil des Waldenergieholzpotentials mit mehr als 80 % am Gesamtpotential in der Region Bad Wildungen. Dieser Umstand lässt sich aber mit dem hohen **Waldanteil** von **52 %** und dem hohen Laubholzanteil von 60 % erklären. Die charakteristische Wuchsform der Laubgehölze bedingt einen hohen Anfall brennholztauglicher Sortimente, so dass die **Kombination** hoher **Waldanteil** mit hohem **Laubholzanteil** tatsächlich ein **überproportionales Waldenergieholzpotential** induzieren könnte. Demgegenüber scheint ein niedriger Waldanteil mit einem hohen Nadelholzanteil auf ein unterdurchschnittliches Waldenergieholzpotential schließen zu lassen. So liegt der Anteil des Waldenergieholzes bei der Erhebung des HOLZABSATZFONDS nur bei 37,5 %. Der Waldanteil der Bundesrepublik beträgt 31 %, der Laubholzanteil liegt bei 40,1 % [17].

Ein Vergleich der Einwohner bezogenen Werte zeigt, dass hier größere Unterschiede zwischen den einzelnen Studien bestehen. Hier reicht das Spektrum von **706 kWh** pro Einwohner für die **Region Hegenau/Bodensee** bis zu **1.814 kWh/Einwohner** für **Bad Wildungen** (+ 256 %). Der Wert korreliert stark mit der **Bevölkerungsdichte**. Je **niedriger** die **Bevölkerungsdichte** eines

⁵⁶ Eigene Berechnungen aus den in Mio. Fm angegebenen Potentialen; zur Ermittlung des Energiepotentials wurde ein durchschnittlicher Energiegehalt von 2.500 kWh/Fm zu Grunde gelegt (= 2,5 MWh/Fm).

⁵⁷ Holzartiger Anteil des Straßenbegleitgrün und der kommunale Grünabfälle

Untersuchungsgebietes liegt, desto **höher** ist das **Einwohner bezogene Energieholzpotential**. Als Resümee kann man somit ziehen, dass sich das innerhalb dieser Arbeit ermittelte Energieholzpotential weitgehend im **Kontext** anderer **Potentialstudien** befindet. Die Flächen bzw. Einwohner bezogenen Werte liegen zwar im **oberen Spektrum**, doch der **hohe Wald- und Laubholzanteil** und die **geringe Bevölkerungsdichte** der **Region Bad Wildungen** rechtfertigen diesen optimistischen Ansatz. Die in Tabelle 34 angegebenen Werte sind aber zum Teil variablen Einflussgrößen wie Flächenanteile oder Einwohnerzahl unterworfen. Sie müssen deshalb temporär auf Aktualität und damit auf Richtigkeit geprüft und die ermittelten Daten anschließend gegebenenfalls korrigiert oder neu bewertet werden.

8.2 Haushaltsbefragung

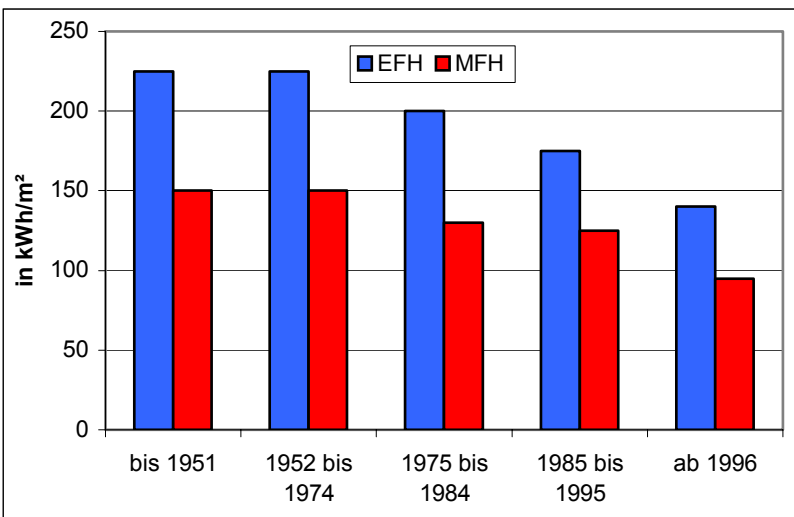
8.2.1 Datenumfang und -qualität

Zentrales Anliegen der Haushaltsbefragung war eine möglichst genaue Erhebung der in den privaten Haushalten der Stadt Bad Wildungen verbrauchten **Wärmeenergie** nach **Energieträgern** sowie weitere **Strukturdaten**⁵⁸ rund um den Energieträger Holz. Im August 2005 wurden deshalb 380 der insgesamt rund 3.800 Hauseigentümer der Stadt ausgewählt und angeschrieben. Die **Rücklaufquote** kann mit ungefähr **28 %** als gut bezeichnet werden, zumal einige der abgefragten Angaben als schwierig zu beantworten und datenschutzrechtlich als problematisch anzusehen waren. Hier sind vor allem die Abfragen zum Wärmeenergieverbrauch, den Heizkosten und dem Alter der Heizung zu nennen. Dennoch muss erwähnt werden, dass die **Fallzahl** von **107** nur rund **2,8 % aller Hauseigentümer** der Stadt abdeckt. Durch die Hochrechnung der Befragungsdaten auf die Gesamtheit erhält jeder der 107 Befragten innerhalb der Auswertung somit eine starke Gewichtung. Entsprechend können ihre Angaben die Durchschnittswerte stark beeinflussen.

Hinsichtlich der aus der Haushaltsbefragung gewonnenen Datenqualität ist anzumerken, dass sich durch den bereits im Anschreiben erwähnten **Themenschwerpunkt „Holzenergie“** vermutlich **überproportional** viele „**Holzheizer**“ und am **Thema Interessierte** an der Befragung beteiligt haben. Dies könnte den ermittelten, mehr als doppelt so **hohen Holzanteil** von **16 %** in der Stadt Bad Wildungen im Vergleich zum **Bundesdurchschnitt** von **8,0 %** erklären. Damit würde sich auch die **hohe Anzahl** an **Holzfeuerungen** (in 44 % der Gebäude befindet sich eine Form der Holzfeuerung) und die sehr **starke Akzeptanz** der **Holzenergie** in der Bevölkerung mit **71 %** Zustimmung relativieren. Um ein repräsentatives Bild zu bekommen, sollte deshalb in Zukunft die Datenabfrage zum Energieverbrauch und zu den Strukturdaten getrennt erfolgen.

⁵⁸ Vorhandene Holzfeuerungen, Akzeptanz in der Bevölkerung, Vor- und Nachteile der Holznutzung als Brennstoff, benötigte Hilfen/Dienstleistungen vor der Installation einer Holzfeuerung

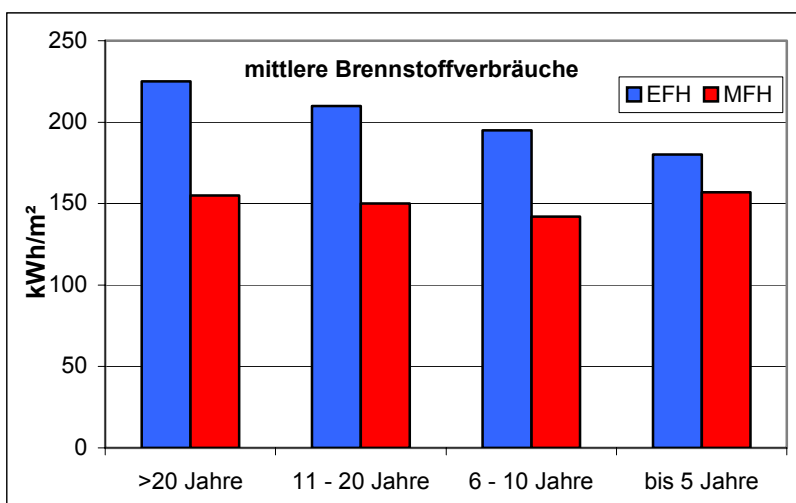
Trotz dieser Einschränkungen hinsichtlich des Datenumfanges und der Datenqualität hat die Befragung eine Vielzahl wertvoller Informationen geliefert. Vor allem die Daten zum absoluten Wärmeenergieverbrauch – unabhängig von den eingesetzten Energieträgern - scheinen ein recht genaues Bild der tatsächlichen Verhältnisse zu liefern. Der über die Haushaltsbefragung ermittelte **Einwohner bezogene Wärmeenergieverbrauch** liegt mit **8.672 kWh** zwar rund **5 %** über dem von der AG ENERGIEBILANZEN [11] ermittelten Wert für **Deutschland** von **8.269 kWh**, doch lässt sich die Differenz sowohl mit dem Bestand an **Altbauwohnungen** in der Altstadt als auch mit dem



hohen **Durchschnittsalter** der Heizungen von fast **13 Jahren** erklären. Das Alter des Gebäudes spielt nach Untersuchung des FRAUNHOFERINSTITUTES (2004) eine entscheidende Rolle für den Wärmeenergieverbrauch. Die Einteilung der Gebäude in Baualtersklassen in Abbildung 26 spiegelt den Einfluss des Gebäudealters wider.

Abbildung 26: Einfluss des Gebäudealters auf den Brennstoffverbrauch (FRAUNHOFERINSTITUT, 2004)

Auffällig ist dabei der **Rückgang des Wärmebedarfes** seit 1975 um fast **40 %** (38 %). Führt man sich allerdings noch einmal die Vorgaben der Wärmeschutzverordnung vor Augen (siehe Kapitel 6.1), wäre eine noch stärkere Verringerung des Brennstoffbedarfes zu erwarten gewesen. Hinsichtlich des Einflusses des **Heizkesselalters** auf den Energieverbrauch hat die Studie des FRAUNHOFERINSTITUTES gezeigt, dass in Einfamilienhäusern (Bad Wildungen: 53,6 %) der mittlere Brennstoffverbrauch mit dem Alter des Heizkessels stetig zunimmt. Insgesamt liegt der



Brennstoffmehrverbrauch der über zwanzigjährigen Kessel in Einfamilienhäusern (EFH) **20 %** über den der unter sechsjährigen; über alle Gebäudearten bei 15 %. Bei Mehrfamilienhäusern (MFH) kann dieser lineare Zusammenhang zwischen Kesselalter und Mehrverbrauch aber nicht belegt werden (FRAUNHOFERINSTITUT, 2004).

Abbildung 27: Einfluss des Heizkesselalters auf den Brennstoffverbrauch (FRAUNHOFERINSTITUT, 2004)

8.3 Szenarien

8.3.1 CO₂-Einsparpotential

Das Szenario zum möglichen **CO₂-Einsparpotential** für die Stadt Bad Wildungen durch Mobilisierung des Energieholzpotentials von 52.559 MWh ergab einen Wert von **14.842 t CO₂**. Daraus resultiert ein Einwohner bezogenes Einsparpotential von 820,68 kg CO₂. Im Jahr 2002 lag der CO₂-Ausstoß pro Kopf in Deutschland bei 10.171 kg (BMU, 2004). Durch Mobilisierung des gesamten Energieholzpotentials könnten die CO₂-Emissionen – bezogen auf das Jahr 2002 - um **8,07 %** auf **9.350 kg** gesenkt werden. Bezieht man den Wert auf das Jahr 1990 (Kyoto-Basisjahr) mit einem „Pro-Kopf-Ausstoß“ von **12.335 kg**, so wird die Kyoto-Zielvorgabe des Bundes von **21 %** [20] bis zum Zeitraum 2008/2012 mit **24 %** auf **lokaler Ebene** sogar **überschritten**. Um das ehrgeizige Ziel einer 50 %igen Reduzierung der CO₂-Emissionen des „Agenda 21-Arbeitskreises“ [4] auf lokaler Ebene zu erreichen, bedarf es allerdings zusätzlicher Initiativen (Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs).

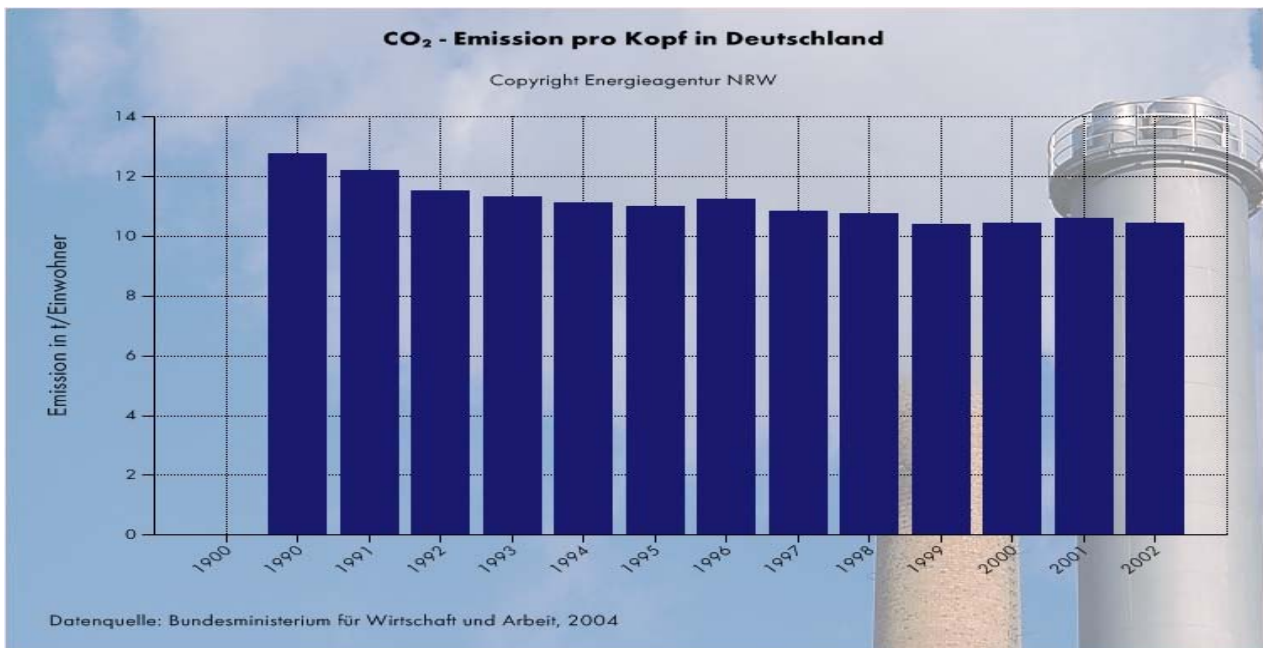


Abbildung 28: Einwohner bezogene CO₂-Emissionen für Deutschland [18]

8.3.2 Beschäftigungseffekt

Die Szenarien denkbarer Beschäftigungsimpulse für die Region durch eine Mobilisierung des Energieholzpotentials zeigte sowohl für den **Einsatz in Holzzentralheizungen** als auch für **Heizwerke positive Beschäftigungseffekte**. Allerdings fiel der Beschäftigungseffekt beim Einsatz des Holzes in Zentralheizungen weitaus größer aus als beim Einsatz in Heizwerken. Positive Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt ermittelten auch HAAS und KRANZL (2002) für Österreich. Sie prognostizieren ebenfalls positive Beschäftigungseffekte durch den Ausbau der energetischen Nutzung des Holzes, vor allem für strukturschwache ländliche Regionen. Das Schweizer

Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) rechnet ebenfalls mit der Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze bei einer Ausweitung der energetischen Holznutzung [2]. Als Richtwert wird ein zusätzlicher Beschäftigter pro 1.000 Fm (\approx 2.500 MWh) eingesetzten Brennstoffes angegeben.

Die **Quantifizierung** des **Beschäftigungseffektes** innerhalb dieser Arbeit mit bis zu 14 zusätzlichen Arbeitsplätzen ist allerdings aus mehreren Gründen als **problematisch** anzusehen. Zum einen verursacht ein Beschäftigungseffekt immer direkte und indirekte Beschäftigung. **Direkte Beschäftigung** entsteht durch den eigentlichen **Betrieb** der **Holzfeuerungsanlagen** (Brennstoffbereitstellung, Installation und Wartung etc.) vor Ort, während **indirekte Beschäftigung** zum Beispiel durch die **Investitionen** in die Anlage resultiert (ÖKO-INSTITUT, 2004). Für die Region ist allerdings nur die direkte Beschäftigung von Relevanz. Das ÖKO-INSTITUT (2004) rechnet bei Biomasse-Anlagen mit Anteilen der direkt Beschäftigten von 40 – 60 % (je nach Szenario-Ansatz). Ein weiterer Aspekt, der sich auf den Beschäftigungseffekt auswirkt, ist der Eigenanteil der Brennstoffbereitstellung. Wie bereits im Kapitel 7.2 thematisiert, **sinkt** der **Beschäftigungseffekt** mit Zunahme der **Brennholzelbstwerbung** (HAAS und KRANZL, 2002).

Neben der **Problematik** der **Quantifizierung** ist auch die **Qualität** der entstehenden Arbeitsplätze von Bedeutung. Für die Mehrzahl der zusätzlich entstehenden Arbeitsplätze ist nach Ansicht von HAAS und KRANZL (2002) **keine hohe Qualifikation** notwendig. Aus diesem Grund sei es erstrebenswert, auch **höher qualifizierte Beschäftigte** in der Region anzusiedeln. Dies wäre insbesondere der Fall, wenn das Holz in **Heizwerken** zum Einsatz käme. Der **quantitative Effekt** fiel dann zwar weitaus **geringer** aus (siehe Kapitel 6.4), doch es entstünden **höher qualifizierte, besser bezahlte Arbeitsplätze**. Damit stellt sich die Frage, welcher Effekt höher zu bewerten ist; wenige, dafür aber hoch qualifizierte Arbeitsplätze oder die Beschäftigung mehrerer schlecht qualifizierter Personen. Das beschriebene Szenario kann somit nur einen **Anhaltspunkt** geben, wie die **Bilanz** durch den Ausbau der Holzenergie aussehen könnte. **Unbestritten** ist aber, dass durch den Ausbau der Holzenergienutzung ein **positiver Effekt** für die Region resultieren würde.

9 Zusammenfassung

Zentrales Anliegen dieser Arbeit ist es, die **energetische Nutzung** des **Rohstoffes Holz** durch die „**Initiierung eines Regionalmarktes Holzenergie Bad Wildungen**“ zu **forcieren**. Hierfür war es erforderlich, eine fundierte Datenbasis zusammenzustellen, aus der das nachhaltig verfügbare Potential an Holzenergie für die Region deutlich wird. Für die Ermittlung des Energieholzpotentials wurden die Fraktionen Waldenergieholz, Energiewälder, Landschaftspflegeholz, Industrierestholz und Gebrauchtholz untersucht. Die Erhebung ergab ein **maximales Energieholzpotential** für die

Region von **52.559 MWh**. Dabei zeigte sich, dass der überwiegende Anteil des Energieholzpotentials in den Wäldern der Region liegt. Das **Waldrest-** und **Durchforstungsholz** nimmt einen Anteil am Gesamtpotential von **69,6 %** ein. Der Anteil der **Energiewälder** beläuft sich auf **18 %**. Die Fraktionen des **Landschaftspflegeholzes**, des **Industrierestholzes** und des **Gebrauchtholzes** steuern nur **insgesamt 12,4 %** zum Gesamtpotential bei.

Des Weiteren wurden anhand eines **Fragebogens** sowohl Daten über den **Wärmeenergiemarkt**⁵⁹ der Stadt Bad Wildungen als auch Informationen über die potentiellen Abnehmer („**Wärmekunden**“) der Holzenergie erfasst und ausgewertet. Es konnte festgestellt werden, dass der Brennstoff **Holz** mit **16,09 %** bereits einen überproportional hohen Anteil zum Gesamtwärmeenergiebedarf der privaten Haushalte der Stadt Bad Wildungen (im Vergleich zum **Bundesdurchschnitt** von **8,0 %**) beiträgt. Immerhin in fast jedem zweiten Gebäude (**44,86 %**) befindet sich eine Holzfeuerung. Vor dem Hintergrund der **hohen Akzeptanz** der Holzenergie unter den Befragten – **71 %** der Befragten betrachten die energetische Nutzung des Holzes als **sehr positiv** oder **positiv** – erscheint eine weitere Steigerung des Holzanteils durchaus realistisch. Gestützt wird diese These durch die Tatsache, dass sich **44 %** der Befragten bei der Erneuerung ihrer Heizungsanlage einen **Wechsel** auf eine **Holzfeuerung** vorstellen konnten. Vor allem die steigenden Preise bei den fossilen Energieträgern Heizöl und Erdgas machen den Brennstoff Holz für viele Bürger der Stadt Bad Wildungen attraktiv. Der Gesichtspunkt der **niedrigeren Brennstoffkosten** wurde von **49,4 %** der Bürger als entscheidender **Vorteil** gegenüber der fossilen Konkurrenz angegeben. Als nachteilig gegenüber den fossilen Energieträgern wurde besonders der Umstand des **höheren Arbeitsaufwandes** mit **43,4 %** angeführt. Bei der Befragung hat sich aber auch gezeigt, dass noch ein erheblicher Bedarf an Hilfen/Dienstleistungen rund um die Holzenergie vorhanden ist. So wünschen sich mehr als die Hälfte der Bürger vor der Installation einer Holzheizung eine neutrale Beratung (68 %), Hilfe bei der Planung (53 %) und einen Wirtschaftlichkeitsvergleich (55 %).

Ausgehend von dieser Datengrundlage bestand ein weiterer Gesichtspunkt der Arbeit darin, die **ökologischen** und **ökonomischen Effekte** einer gesteigerten Holzenergienutzung in Form von **Szenarien** aufzuzeigen. Bei Mobilisierung des gesamten Energieholzpotentials von **52.559 MWh** könnten zukünftig **33,52 %** des **Wärmeenergiebedarfs**⁶⁰ der privaten Haushalte der Stadt Bad Wildungen durch Holzbrennstoffe gedeckt werden. Damit läge der denkbare Anteil des Holzes am **Endenergiebedarf** der Stadt bei immerhin **10,06 %**. Aus ökologischer Sicht interessierte besonders das **CO₂-Einsparpotential** für die Stadt. Vorausgesetzt, dass die Substitution fossiler

⁵⁹ Wärmeenergiemarkt: Gesamtwärmeenergieverbrauch, Anteile der verschiedenen Energieträger, vorhandene Holzfeuerungen etc.

⁶⁰ Unter der Voraussetzung, dass der Energiestandard der Wohngebäude und die Einwohnerzahl konstant bleiben.

Energieträger durch Holz in Form moderner **Holzzentralheizungen** oder **Heizwerke** mit **Wirkungsgraden** von über **80 %** erfolgen würde, könnten die **CO₂-Emissionen** in der Stadt um **14.842 t vermindert** werden. Würde allerdings auch weiterhin ein **Großteil** der **Holzbrennstoffe** der Stadt Bad Wildungen in **Küchenherden, Kaminen** und **Kachelöfen** verbrannt, reduzieren sich die **eingesparten CO₂-Emissionen** auf **11.873 t**. Regionalwirtschaftlich war vor allem die zusätzliche Wertschöpfung und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Beschäftigung von Interesse. Hierbei zeigte sich, dass der Beschäftigungseffekt besonders ausgeprägt wäre, wenn das Holz in Form von **Zentralheizungen** eingesetzt wird. In diesem Fall könnten in einem relativ kurzen Zeitraum (2010) theoretisch **14** zusätzliche **Arbeitsplätze** entstehen. Langfristig gesehen (2030) würde der Beschäftigungseffekt zwar abebben, doch er wäre mit **12** zusätzlichen **Arbeitsplätzen** noch bedeutend. Würde die Holzenergie in Form von **Heizwerken** mit Wärmeverbundnetz zur Wärmeerzeugung eingesetzt, fiel der Beschäftigungseffekt geringer aus. Bis zum Jahr 2010 entstünden netto **zwei** zusätzliche **Arbeitsplätze**. Diese schwach ausgeprägte Auswirkung auf den Arbeitsmarkt würde sich bis zum Jahr 2030 mit nur noch **einem** zusätzlichen Beschäftigten weiter abschwächen.

Ein weiteres Kapitel der vorliegenden Arbeit beschäftigte sich damit, welcher **Strukturen** und **Initiativen** es für einen etablierten „Regionalmarkt Holzenergie“ noch bedarf. Es wird angeregt, zunächst eine „**AG Holzenergie Bad Wildungen**“ zu gründen, in der **Vertreter** aller im Bereich Holzenergie **relevanten Akteure** der Region eingebunden sind. Primäres Ziel der Arbeitsgruppe sollte die Mobilisierung der vorhandenen Holzenergiepotentiale durch die Institutionalisierung eines **Wertschöpfungsnetzes** als organisierter „Regionalmarkt Holzenergie“ sein, um die ökonomischen Vorteile gezielt und effizient für die Region zu nutzen. Wie ein solches **Wertschöpfungsnetz** aussehen könnte, wird innerhalb der Arbeit ebenfalls detailliert dargestellt. Für ein klares Bekenntnis der politischen Entscheidungsträger pro Holzenergie sollte die Entscheidung zur Ausweitung der energetischen Nutzung des Holzes als **Grundsatzentschluss** („**Holzcharta**“) von der Stadtverordnetenversammlung unterstützt werden. Weiterhin müsste die **Öffentlichkeitsarbeit** im Sinne des Holzes als heimischer Energieträger forciert und Projekte zum Thema aus der Taufe gehoben werden. Es würde sich anbieten, die im Jahr 2001 bereits veranstalteten „**Bad Wildunger Holztage**“ in regelmäßigen Abständen wieder aufleben zu lassen. So könnte die Bevölkerung in einem Turnus von fünf Jahren sowohl über neue Techniken im Bereich der Holzfeuerungen als auch über den **Fortschritt** des **Projektes „Regionalmarkt Holzenergie“** informiert werden. Auch **Aktionsveranstaltungen** zu den vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten und Vorteilen des Rohstoffes Holz wären hilfreich, das Interesse von ortsansässigen Unternehmen und Einzelpersonen spielerisch zu wecken. Besonders Kinder und Jugendliche sind für diese Form der Öffentlichkeitsarbeit zu begeistern. Ein denkbares Modell könnte die Einrichtung eines „**Energie-Erlebnispfades Holz**“ sein.

10 Quellenverzeichnis

10.1 Literatur:

- ALBUS, M.** (2003): Wärme aus dem nahen Wald – ein Stiftungsforstamt als Energiedienstleister, Forst und Holz, Nr. 10, S. 304 – 307
- ANONYMUS** (1996): Forsteinrichtungswerk Forstamt Bad Wildungen, Seitenzahl unbekannt
- ANONYMUS** (2001): Heizen mit Holz – ein Seminar im Rahmen der Bad Wildunger Holztage 2001. Postwurfsendung
- ANONYMUS** (2002): Bad Wildungen – NATÜRLICH GUT. Informationsbroschüre der Stadt Bad Wildungen, 32 S.
- ANONYMUS** (2005): Forsteinrichtungswerk Forstamt Vöhl, Seitenzahl unbekannt
- ATTESLANDER, P.** (1995): Methoden der empirischen Sozialforschung. 8. Auflage. Berlin, New York. Verlag Walter de Gruyter, 418 S.
- BIENECK, A.** (2001): Optimierung der Produktions- und Logistikkette von Waldhackschnitzeln für das Biomasse-Heizwerk Merxhausen. Diplomarbeit, 46 S.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.)** (1999): Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung, Natürliche Ressourcen - umweltgerechte Energieversorgung. Berlin, Seitenzahl unbekannt
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.)** (2002): LOKALE AGENDA 21 UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG IN DEUTSCHEN KOMMUNEN. Berlin, 173 S.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.)** (2003): Nutzung von Biomasse in Kommunen – Ein Leitfaden. Berlin, Seitenzahl unbekannt
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.)** (2004): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Berlin, 43 S.
- BUNK, H.; MAURER, E.** (2003): Holzenergie für Kommunen – Ein Leitfaden für Initiatoren, HOLZABSATZFONDS (Hrsg.). Bonn, 151 S.
- DEIMLING, S.; HARTMANN, H.; KALTSCHMIDT, M.; JAHRHAUS, B.** (2000): Biogene Festbrennstoffe als nachwachsende Energieträger. Leitfaden Bioenergie. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.). Gülzow, Seitenzahl unbekannt
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.)** (2001): Nachwachsende Rohstoffe – Vielfalt aus 1001 Projektidee. Gülzow, 83 S.
- FRAUNHOFERINSTITUT** (2004): Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Handel, Gewerbe, Dienstleistungen (GHD). Projektnummer 17/02. Fraunhoferinstitut (Hrsg.). Karlsruhe, Berlin, Nürnberg, München, Leipzig, 288 S.
- FRÜHWALD, A.; POHLMANN, C. M.; WEGENER, G.** (2001): HOLZ – Rohstoff der Zukunft. Informationsdienst Holz. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (Hrsg.), 31 S.
- HAAS, R.; KRANZL, L.** (2002): BIOENERGIE UND GESAMTWIRTSCHAFT – Analyse der volkswirtschaftlichen Bedeutung der energetischen Nutzung von Biomasse für Heizzwecke und Entwicklung effizienter Förderstrategien für Österreich. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.). Wien, 256 S.
- HARTMANN, H.** (2003): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.). tangram documents. Bentwisch, 184 S.

- HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT** (2004): Hessische Gemeindestatistik. Ausgabe 2004. Wiesbaden, Seitenzahl unbekannt
- HOFMANN, M.** (1998): Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Merkblatt 11. Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Hann.-Münden, 22 S.
- KEINDL, B.** (2005): mündliche Befragung. Amt für den ländlichen Raum. Auf Lülingskreuz 60. 34497 Korbach. 08.07.2005
- KESSLER, F.; SCHUPPLI, M.; WERNICKE, S.; WICKLI, J.** (2003): Biomasse – Holz. Im Wald wächst Energie. Band 1, 1. Auflage, 223 S.
- KÖCKERT, J.** (2005): telefonische Auskunft. Umweltbüro der Stadtverwaltung Bad Wildungen. (16.09.2005)
- MARUTZKY, R.; SEEGER, K.** (1999): Energie aus Holz und anderer Biomasse – Grundlagen, Technik, Emissionen, Wirtschaftlichkeit, Entsorgung. DRW – Verlag Weinbrenner, 352 S.
- MÜLLER, B.** (2002); Potentialübersicht der erneuerbaren Energien in der Region Hegau/Bodensee, solarkomplex GmbH (Hrsg.). Kugler-Druck, Hilzingen, 95 S.
- ÖKO-INSTITUT E.V. - Institut für angewandte Ökologie (Hrsg.)** (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse (inkl. CDROM). Freiburg, Darmstadt, Berlin. 3f design, Darmstadt, 262 S.
- PROJEKTGEMEINSCHAFT BIOROHSTOFFE** (2005): Grunddaten und Modelle zur Biomassennutzung und zum Biomassepotential in Hessen. Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hrsg.). Witzenhausen, 98 S.
- SCHNEIDER, W.** (2001): Moderne Holzfeuerungsanlagen. HOLZABSATZFONDS (Hrsg.). Bonn, 58 S.
- STATISTISCHES BUNDESAMT** (2005): Auswertungen und Tabellen aus dem Informationssystem GENESIS-ONLINE; Wiesbaden, www.destatis.de
- TAT – Transferzentrum für angepasste Technologien GmbH** (2002): Potentialerhebung – Nachwachsende Rohstoffe im Zukunftskreis Steinfurt. Rheine, 85 S.
- TRAUPMANN, P.** (2004): Anleitung zur Anlage von Kurzumtriebsflächen. Studie der Bioenergie Burgenland im Auftrag der FPP – Forst-Platte-Papier, 41 S.
- WAGNER, K.; WITTKOPF, S.** (2000): Der Energieholzmarkt Bayern. Berichte aus der LWF Nr. 26. Freising, 101 S.
- WAGNER, K.** (2000): Der Energieholzmarkt Bayern. Holz-Zentralblatt Nr. 144
- WESSENDORF, H.** (2002): Bedarfsermittlung für Energieträger Holz, Stadt Bad Wildungen. Diplomarbeit im Fach Waldarbeitslehre bei Prof. Metz. Fachhochschule HHG, Fakultät Ressourcenmanagement in Göttingen, 50 S.

10.2 Internetquellen:

- (1) http://www.hna.de/hessen_frankenberg/00Milder_Herbst_belebt_den_Markt.html (06.11.2005)
- (2) Internetportal des Schweizer Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/forstdirektion/wh_waldundholz/wald/waldbericht/wb_6_soziooekonomie.pdf (07.11.2005)
- (3) Online-Portal des Statistischen Bundesamtes
<https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (30.07.2005)
- (4) Homepage der Stadt Bad Wildungen, Lokale Agenda 21 Bad Wildungen
<http://www.bad-wildungen.de/agenda21/> (26.07.2005)
- (5) Informationsseite des Holzabsatzfonds
http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1127028354&p3=701 (01.08.2005)
- (6) Informationsseite des Holzabsatzfonds
http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1127028354&p3=700 (01.08.2005)
- (7) <http://www.presseportal.de/story.htx?nr=701884&ressort=7> (01.08.2005)
- (8) <http://www.munichre.com/> (01.08.2005)
- (9) http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1131192750&p3=702 (05.11.2005)
- (10) Online-Portal des Hessischen Statistischen Landesamtes
http://webhsl.hsl.de/fileadmin/media/files/Flyer_Bevoelkerung2050.pdf (17.09.2005)
- (11) http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/eev_haushalte.pdf (05.11.2005)
- (12) <http://www.strom.de/wysstr/stromwys.nsf/WYSFrameset1?Readform&JScript=1&> (04.11.2005)
- (13) Online-Portal des Hessischen Statistischen Landesamtes
<http://www.statistikhessen.de/Presse/Presse2.jsp?Thema=4&LfdNr=195&Auswahl=Pressemeldung%20vom%2023.09.2005> (3.10.2005)
- (14) <http://www.biw.fhd.edu/alumni/2002/pled/fachbeitrag/definition.htm> (26.10.05)
- (15) <http://www.esyoil.com> (04.11.2005)
- (16) http://www.solarpraxis.de/fileadmin/dokumente/Szenarien_Rohoel_050914.pdf (04.11.2005)
- (17) <http://www.bundeswaldinventur.de/enid/6946693f935680bbe348df9be9df629b,0/4f.html>
(12.11.2005)
- (18) Internetportal der Energieagentur NRW
<http://www.ea-nrw.de/infografik/grafik.asp?TopCatID=3108&CatID=&RubrikID=3148> (26.10.2005)
- (19) <http://www.stephan-barth.de/schriftl.htm> (04.11.2005)
- (20) http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_begrueundung.pdf
(04.11.2005)
- (21) http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/struktur_ev.pdf (04.11.2005)
- (22) Informationsseite des Holzabsatzfonds
http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1127028354&p3=1331 (04.11.2005)

11 Anhang

11.1 Fragebogen

Sehr geehrte Bürgerinnen und Bürger der Stadt Bad Wildungen,

die Stadt Bad Wildungen plant in Kooperation mit der Holzfachschule Bad Wildungen e.V. im Rahmen des Agenda 21-Arbeitskreises „Klimaschutz und Energie“ eine Informations- und Entscheidungshilfe zur Nutzung von Holz als Energieträger in der Region zu erarbeiten. Die Studie wird im Rahmen einer Diplomarbeit der FH Göttingen, Fakultät Ressourcenmanagement, unterstützt. Ziel ist es, den Wärmeenergiebedarf der Stadt und die bislang ungenutzten Potenziale im Bereich der Holzenergie zu erkennen, um Angebot und Nachfrage an Holzbrennstoffen in einen Regionalmarkt Holzenergie Bad Wildungen koordinieren zu können.

Hierfür wurden 600 Haushalte zufällig ausgewählt und angeschrieben, mit deren Hilfe wir uns anhand des vorliegenden Fragebogens einen Überblick über die mögliche Entwicklung des Holzenergiemarktes im Stadtgebiet Bad Wildungen verschaffen möchten. Dabei ist es für uns von Interesse, welche Energieträger im Stadtgebiet einschließlich der Stadtteile momentan genutzt werden, wie Ihre generelle Einstellung/Kenntnis zur Holzenergie ist und welche Informationen oder Unterstützung Sie für die Planung Ihrer Heizungsanlage benötigen. Aus einer von der Stadt Bad Wildungen betreuten Diplomarbeit der FH Göttingen aus dem Jahr 2001 haben wir bereits eine relativ genaue Vorstellung über die Menge an Energieholz, die der Region nachhaltig zur Verfügung stehen würde.

Mit dem anhängenden Quizfragen möchten wir uns einen Eindruck über ihre persönlichen Einschätzungen zu interessanten Fragen rund um das Thema Holzenergie verschaffen. Außerdem wird die Stadt Bad Wildungen unter allen, die sich an dem Quiz beteiligt haben, zehn Tageskarten für die Landesgartenschau 2006 in Bad Wildungen verlosen.

Wir bitten Sie, den ausgefüllten Fragebogen zusammen mit den Quizfragen bis zum xx.xx.2005 im Bürgerbüro des Rathauses abzugeben oder uns per Postweg zukommen zu lassen. Sofern Sie den Fragebogen anonym behandelt wissen wollen, dennoch am Gewinnspiel teilnehmen möchten, geben Sie einfach Fragebogen und Quiz in getrennten Umschlägen ab.

Ihre Meinung zur Holzenergie Interessiert uns!

Bitte geben Sie Ihren ausgefüllten Fragebogen bis zum xx.xx.2005 im Bürgerbüro des Rathauses ab oder schicken ihn per Post, Stichwort „Fragebogen“ an das Bürgerbüro der Stadt Bad Wildungen.

1. Mit welchen Energieträgern heizen Sie Ihr Haus / Gebäude?

- 1.1 Heizöl
 - 1.2 Erdgas
 - 1.3 Kohle
 - 1.4 Holz, Pellets
 - 1.5 Holz, Hackschnitzel
 - 1.6 Holz, Scheitholz
 - 1.7 Strom
 - 1.8 Erdwärme
 - 1.9 Solarthermie
 - 1.10 andere: _____
-

2. Wie hoch sind die Kosten bzw. der Bedarf an Brennstoffen / Wärmeenergie für Ihren Haushalt? Geben Sie bitte die ungefähren Kosten sowie die Brennstoffmenge pro Jahr an.

- 2.1 Energiekosten:
ca. _____ € / Jahr
 - 2.2 Brennstoffbedarf:
 - 2.2.1 _____ Liter Heizöl / Jahr
 - 2.2.2 _____ m³ Gas / Jahr
 - 2.2.3 _____ kg Kohle / Jahr
 - 2.2.4 _____ kg Pellets / Jahr
 - 2.2.5 _____ Schüttraummeter Hackschnitzel / Jahr
 - 2.2.6 _____ Rm Scheitholz / Jahr
 - 2.2.7 _____ kWh Strom / Jahr
-

3. Wie alt ist Ihre Heizungsanlage?

- 3.1 ca. _____ Jahre

4. Wenn Sie bereits mit Holz heizen, welche Art der Holzfeuerung nutzen Sie?

- 4.1 Nahwärme (z.B. Hackschnitzelfeuerung am Warteköppel)
- 4.2 Zentralheizung
- 4.3 Einzel- / Zimmeröfen
- 4.4 Küchenherd
- 4.5 offener Kamin
- 4.6 Kachelofen
- 4.7 geschlossener Scheitholzofen
- 4.8 Pelletofen
- 4.9 andere, und zwar _____

5. Wenn Sie mit Holz heizen, wie beziehen Sie Ihren Brennstoff?

- 5.1 in Selbstwerbung
- 5.2 Forstamt Bad Wildungen
- 5.3 Brennstoffherzeuger aus Bad Wildungen
- 5.4 Brennstoffherzeuger außerhalb von Bad Wildungen
- 5.5 andere, und zwar _____

6. Wenn Sie jetzt Ihre Heizung erneuern müssten, könnten Sie sich vorstellen, eine Holzfeuerungsanlage zu installieren?

- 6.1 ja, weil _____
- 6.2 nein, weil _____

7. Welche Gründe sprechen Ihrer Auffassung nach für eine Holzfeuerungsanlage? Bitte gewichten Sie die Vorteile (1 = unbedeutend, 2 = bedeutend, 3 = entscheidend)

	Vorteile gegenüber fossilen Energieträgern	1	2	3
7.1	Klimaschutz (CO ₂ -Neutralität)			
7.2	Geld (Wertschöpfung) bleibt in der Region			
7.3	es können zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen werden			
7.4	Die zukünftige Versorgungssicherheit mit Holz ist höher als bei Öl oder Gas			
7.5	Die Brennstoffkosten sind niedriger als bei Öl und Gas			
7.6	andere Vorteile, und zwar			

8. Welche Gründe sprechen Ihrer Auffassung nach gegen eine Holzfeuerungsanlage? Bitte gewichten Sie die Nachteile (1 = unbedeutend, 2 = bedeutend, 3 = entscheidend)

	Nachteile gegenüber fossilen Energieträgern	1	2	3
8.1	Rauchbelästigung			
8.2	hohe Investitionskosten			
8.3	höherer Arbeitsaufwand für den Nutzer			
8.4	komplizierte Anlagenplanung			
8.5	fehlende fachliche Beratung			
8.6	Übernutzung der Wälder			
8.7	andere Nachteile, und zwar			

9. Welche Entscheidungshilfen und Dienste benötigen Sie für die Wahl einer Holzfeuerungsanlage?

- 9.1 neutrale Beratung
- 9.2 Hilfe bei der Planung und Dimensionierung
- 9.3 Hilfe beim Wirtschaftlichkeitsvergleich
- 9.4 Adressenliste von Brennstofflieferanten aus der Nähe
- 9.5 Preisübersicht und Bezugsquellen für Brennstoffe
- 9.6 Hilfe bei der Förderung von Holzfeuerungsanlagen als Zentralheizung
- 9.7 andere, und zwar _____

10. Wie beurteilen Sie persönlich Ihren Kenntnisstand über den Energieträger Holz?

- 10.1 exzellent, das Thema hat mich schon immer „brennend“ interessiert
- 10.2 gut, Berichte in den Medien nehme ich mit Interesse wahr
- 10.3 das Thema interessiert mich zwar, doch es gibt zu wenige Informationen
- 10.4 davon habe ich schon gehört, mein Wissensstand ist aber ausbaufähig
- 10.5 Holzenergie??? Das Thema interessiert mich überhaupt nicht

11. Wie ist Ihre prinzipielle Einstellung zur energetischen Nutzung von Holz?

- 11.1 sehr positiv, Holz sollte einen hohen Anteil der Wärmeenergie liefern
- 11.2 positiv, die Vorteile des Holzes gegenüber fossilen Energieträgern überwiegen
- 11.3 gleichgültig, eigentlich ist es mir egal, womit mein Haus beheizt wird
- 11.4 skeptisch, die Nachteile von Holz gegenüber fossilen Energieträgern überwiegen
- 11.5 negativ, Holz ist ein antiquierter Brennstoff und nicht zukunftsfähig

Name: _____ Adresse: _____

MITmachen -- MITgewinnen!

Holzenergie ist wirtschaftlich, umweltfreundlich und stärkt die Region! Beantworten Sie die unten aufgeführten Fragen und gewinnen Sie eine Tageskarte für die Landesgartenschau Bad Wildungen 2006⁶¹.

Quizfragen:

- 1. Wie hoch schätzen Sie den prozentualen Anteil der Wärmeenergie von Privathaushalten am Gesamtenergieverbrauch (einschließlich PKW, Strom)?**
 ca. 30 % ca. 10 % ca. 60 %
- 2. Wenn Sie mit Öl heizen, geht ein beträchtlicher Anteil der Wertschöpfung der heimischen Wirtschaft verloren. Durch den vermehrten Einsatz von Holzenergie könnte das Geld in der Region verbleiben. Was denken Sie, wie viel Cent pro Euro fließen ins Ausland ?**
 60 Cent 20 Cent 40 Cent
- 3. Wie viele Arbeitsplätze könnten Ihrer Ansicht nach durch vermehrten Einsatz der Holzenergie nachhaltig in Bad Wildungen geschaffen werden?**
 keiner 7 Arbeitsplätze 14 Arbeitsplätze
- 4. Wie viele kg Kohlenstoffdioxid (CO₂) könnten in einem Privathaushalt durch Austausch einer Ölheizung durch eine Holzfeuerungsanlage (Heizölverbrauch: ca. 2.500 Liter) pro Jahr eingespart werden?**
 ca. 7000 kg ca. 700 kg ca. 70.000 kg
- 5. Wie viel Liter Heizöl könnten aus dem bislang ungenutzten Holzzuwachs in Deutschland bei nachhaltiger Forstwirtschaft jedes Jahr theoretisch substituiert werden?**
 ca. 4,4 Mrd. Liter ca. 4,4 Mio. Liter ca. 440.000 Liter
- 6. Wie viel % der Wärmeenergie aller Privathaushalte in Bad Wildungen könnten durch Holz aus den Wäldern der Region erzeugt werden?**
 ca. 10 % ca. 20 % ca. 30 %

⁶¹ Der Rechtsweg ist ausgeschlossen!

11.2 Auswertung des Fragebogens

Fragebogen Nr.	1. Energieträger							
	Heizöl	Erdgas	Kohle	Holzpellets	Hackschnitzel	Scheitholz	Solarthermie	andere
1	0	1	1	0	0	1	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0	1	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1	0	0	0	1	0	0
7	0	1	0	0	0	1	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	1
10	0	1	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1	0	0
13	0	1	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	1	0	0
15	0	1	0	0	0	0	0	0
16	0	1	0	0	0	0	0	0
17	1	0	0	0	0	0	0	0
18	0	1	0	0	0	1	0	0
19	0	1	0	0	0	0	0	0
20	1	0	0	0	0	1	0	0
21	1	0	0	0	0	0	1	0
22	1	0	0	0	0	0	0	0
23	0	1	0	0	0	0	0	0
24	1	0	0	0	0	1	0	0
25	1	0	0	0	0	1	0	0
26	0	1	0	0	0	0	0	0
27	0	1	0	0	0	0	1	0
28	1	0	0	0	0	1	0	0
29	1	0	0	0	0	1	0	0
30	1	0	0	0	0	0	0	0
31	1	0	0	0	0	1	1	0

32	1	0	0	0	0	0	0	0
33	1	0	0	0	0	0	0	0
34	0	1	0	0	0	0	0	0
35	1	0	0	0	0	0	0	0
36	0	1	0	0	0	1	0	0
37	1	0	0	0	0	1	1	0
38	1	0	0	0	0	1	0	0
39	1	0	0	0	0	0	1	0
40	0	1	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	1	0	0
42	1	0	0	0	0	1	0	0
43	0	1	0	0	0	0	0	0
44	1	0	0	0	0	1	0	0
45	0	1	0	0	0	0	0	0
46	0	1	0	0	0	0	0	0
47	1	0	0	0	0	1	0	0
48	0	1	0	0	0	0	0	0
49	0	1	1	0	0	1	0	0
50	0	1	0	0	0	1	0	0
51	0	1	0	0	0	0	0	0
52	0	1	0	0	0	0	0	0
53	1	0	0	0	0	1	0	0
54	1	0	0	0	0	0	0	0
55	0	1	0	0	0	0	0	0
56	1	0	0	0	0	1	0	0
57	0	1	0	0	0	1	0	0
58	1	0	0	0	0	1	0	0
59	1	0	0	0	0	0	1	0
60	1	0	0	0	0	1	0	0
61	0	1	0	0	0	1	0	0
62	1	0	0	0	0	1	0	0
63	1	0	0	0	0	0	0	0
64	1	0	0	0	0	1	0	0
65	0	0	0	0	1	0	0	0
66	1	0	0	0	0	0	0	0
67	1	0	0	0	0	0	0	0
68	1	0	0	0	0	1	0	0
69	0	1	0	0	0	1	0	0
70	0	1	0	0	0	0	0	0

71	0	1	0	0	0	0	0	0
72	1	0	0	0	0	1	0	0
73	0	1	0	0	0	0	0	0
74	1	0	0	0	0	0	0	0
75	0	1	0	0	0	0	0	0
76	0	1	0	0	0	1	0	0
77	1	0	0	0	0	1	0	0
78	1	0	0	0	0	0	0	0
79	1	0	0	0	0	1	1	0
80	1	0	0	0	0	0	0	0
81	0	1	0	0	0	0	0	0
82	1	0	0	0	0	0	1	0
83	0	1	0	0	0	1	0	0
84	1	0	0	0	0	0	0	0
85	1	0	0	0	0	0	0	0
86	1	0	0	0	0	1	0	0
87	1	0	0	0	0	0	0	0
88	1	0	0	0	0	0	0	0
89	1	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	1
91	0	1	0	0	0	0	0	0
92	1	0	0	0	0	1	0	0
93	0	1	0	0	0	1	0	0
94	0	1	0	0	0	0	0	0
95	0	1	0	0	0	0	0	0
96	1	0	0	0	0	0	0	0
97	0	1	0	0	0	1	0	0
98	0	1	0	0	0	1	0	0
99	1	0	0	0	0	0	0	0
100	0	1	0	0	0	0	0	0
101	1	0	0	0	0	0	0	0
102	0	1	0	0	0	1	0	0
103	1	0	0	0	0	1	0	0
104	1	0	0	0	0	1	0	0
105	1	0	0	0	0	0	0	0
106	1	0	0	0	0	0	0	0
107	1	0	0	0	0	0	0	0
SUMME	58	44	3	0	1	47	8	2

Fragebogen Nr.	2. Brennstoffbedarf						
	Heizöl in kWh	Erdgas in kWh	Kohle in kWh	Flüssiggas in kWh	Hackschnitzel in kWh	Scheitholz in kWh	Strom in kWh
1	0	24300	872,3	0	0	11700	0
2	0	25000	0	0	0	0	0
3	0	/	0	0	0	3900	0
4	34650	0	1744,6	0	0	19500	0
5	/	0	0	0	0	0	0
6	0	45000	0	0	0	0	0
7	0	29000	0	0	0	7800	0
8	29700	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	9000	0	19500	0
10	0	67262	0	0	0	0	0
11	19800	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	68250	0
13	0	27329,6	0	0	0	0	0
14	39600	0	0	0	0	3900	0
15	0	40000	0	0	0	0	0
16	0	22921,6	0	0	0	0	0
17	26730	0	0	0	0	0	0
18	0	53500	0	0	0	15600	0
19	0	32000	0	0	0	0	0
20	64350	0	0	0	0	7800	0
21	77220	0	0	0	0	0	0
22	29700	0	0	0	0	0	0
23	0	26448	0	0	0	0	0
24	19800	0	0	0	0	19500	0
25	59400	0	0	0	0	9750	0
26	0	21900	0	0	0	0	0
27	0	224808	0	0	0	0	0
28	41580	0	0	0	0	0	0
29	24750	0	0	0	0	0	0
30	49500	0	0	0	0	0	0
31	59400	0	0	0	0	2925	0
32	39600	0	0	0	0	0	0
33	29700	0	0	0	0	0	0
34	0	18600	0	0	0	0	0
35	21780	0	0	0	0	0	0
36	0	38561,184	0	0	0	3900	0
37	24750	0	0	0	0	0	0

38	29700	0	0	0	0	9750	0
39	24750	0	0	0	0	0	0
40	0	44700	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	52650	0
42	39600	0	0	0	0	0	0
43	0	30856	0	0	0	0	0
44	29700	0	0	0	0	3900	0
45	0	19400	0	0	0	0	0
46	0	29974,4	0	0	0	0	0
47	4950	0	0	0	0	68250	0
48	0	18400	0	0	0	0	0
49	0	10773	5233,8	0	0	9750	0
50	0	14987,2	0	0	0	19500	0
51	0	23480	0	0	0	0	0
52	0	9486,016	0	0	0	0	0
53	39600	0	0	0	0	19500	0
54	34650	0	0	0	0	0	0
55	0	19395,2	0	0	0	0	0
56	19800	0	0	0	0	6825	0
57	0	32619,2	0	0	0	9750	0
58	24750	0	0	0	0	39000	0
59	59400	0	0	0	0	0	0
60	59400	0	0	0	0	19500	0
61	0	5289,6	0	0	0	29250	0
62	9900	0	0	0	0	23400	0
63	32175	0	0	0	0	0	0
64	29700	0	0	0	0	11700	0
65	0	0	0	0	18400	0	0
66	23760	0	0	0	0	0	0
67	19800	0	0	0	0	0	0
68	15840	0	0	0	0	23400	0
69	0	2997,44	0	0	0	27300	0
70	0	36500	0	0	0	0	0
71	0	23762,3762	0	0	0	0	0
72	54450	0	0	0	0	5850	0
73	0	56550	0	0	0	0	0
74	29700	0	0	0	0	0	0
75	0	32100	0	0	0	0	0
76	0	45700	0	0	0	0	0
77	39600	0	0	0	0	1950	0
78	34650	0	0	0	0	0	0

79	4950	0	0	0	0	9750	0
80	19800	0	0	0	0	0	0
81	0	17820	0	0	0	0	0
82	22770	0	0	0	0	0	0
83	0	/	0	0	0	3900	0
84	39600	0	0	0	0	0	0
85	24750	0	0	0	0	0	0
86	3960	0	872,3	0	0	48750	0
87	11880	0	0	0	0	0	0
88	46530	0	0	0	0	0	0
89	8910	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	20900
91	0	23700	0	0	0	0	0
92	34650	0	0	0	0	0	0
93	0	/	0	0	0	0	0
94	0	23230,16	0	0	0	0	0
95	0	/	0	0	0	0	0
96	21780	0	0	0	0	0	0
97	0	27329,6	0	0	0	0	0
98	0	40000	0	0	0	0	0
99	44550	0	0	0	0	0	0
100	0	43000	0	0	0	0	0
101	17820	0	0	0	0	0	0
102	0	/	0	0	0	0	0
103	34650	0	0	0	0	0	0
104	69300	0	0	0	0	0	0
105	29700	0	0	0	0	0	0
106	44550	0	0	0	0	0	0
107	22908,6	0	0	0	0	0	0
SUMME Befragung in kWh	1850943,6	1328680,58	8723	9000	18400	637650	20900
Bad Wildungen in kWh	72.449.947	57.663.391	335.550	346.206	707.798	24.528.667	803.966
Bad Wildungen in MWh	72.450	57.663	336	346	708	24.529	804
Anteil in %	46,19	36,77	0,21	0,22	0,45	15,64	0,51

Fragebogen Nr.	2.1 Energie- kosten (in €)	3. Alter der Heizungs- anlage (in Jahren)	4. Holzfeuerung							
			Nahwärme	Zentral- heizung	Zimmer- ofen	Küchen- herd	Kamin	Kachelofen	Pelletofen	Scheitholz- ofen
1	1289,42	18	0	0	0	1	1	0	0	0
2	1400	16	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3700	15	0	0	0	0	0	1	0	0
4	1900	30	0	0	0	0	0	1	0	0
5	/	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2.281	12	0	0	0	0	0	0	0	1
7	1300	/	0	0	1	0	0	0	0	0
8	1700	8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3000	8	0	0	0	0	0	0	0	1
10	2800	5	0	0	0	0	0	0	0	0
11	800	33	0	0	0	0	0	0	0	0
12	420	20	0	1	0	1	0	0	0	0
13	/	10	0	0	0	0	0	0	0	0
14	2370	13	0	0	0	1	0	0	0	0
15	1722	12	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1250	9	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1350	28	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2250	19	0	0	0	1	0	0	0	0
19	2350	12	0	0	0	0	0	0	0	0
20	3250	24	0	0	0	0	1	0	0	0
21	3000	16	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1800	27	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1500	/	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1000	27	0	0	0	0	0	1	0	0
25	5500	16	0	0	1	1	0	0	0	0
26	1018	12	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1320	4	0	0	0	0	0	0	0	0
28	2100	18	0	0	0	0	1	0	0	0
29	1250	10	0	0	0	1	0	0	0	0
30	/	2	0	0	0	0	0	0	0	0
31	3000	0	0	0	0	1	0	1	0	0
32	1900	12	0	0	0	0	0	0	0	0
33	2000	40	0	0	0	0	0	0	0	0
34	939,3	1	0	0	0	0	0	0	0	0

35	1400	12	0	0	0	0	0	0	0	0
36	2000	14	0	0	0	0	0	1	0	0
37	1500	25	0	0	0	0	1	0	0	0
38	1600	27	0	0	1	0	0	0	0	0
39	1200	4	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1900	10	0	0	0	0	0	0	0	0
41	450	6	0	1	0	1	0	0	0	0
42	2000	10	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1700	12	0	0	0	0	0	0	0	0
44	/	18	0	0	0	0	0	1	0	0
45	920	6	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1500	12	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1000	2,5	0	1	0	0	0	1	0	0
48	1600	8	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1527	13	0	0	0	0	0	1	0	0
50	756,85	9	0	0	1	0	0	0	0	0
51	1820	11	0	0	0	0	0	0	0	0
52	400	10	0	0	0	0	0	0	0	0
53	2000	12	0	1	0	0	0	0	0	0
54	1750	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1200	3	0	0	0	0	0	0	0	0
56	1400	10	0	0	0	0	0	1	0	0
57	1850	22	0	0	0	0	0	1	0	0
58	1900	10	0	1	0	0	0	0	0	0
59	/	9	0	0	0	0	0	0	0	0
60	3500	25	0	0	0	1	0	0	0	0
61	500	4	0	1	0	0	0	1	0	0
62	1200	21	0	1	0	0	0	0	0	0
63	1750	11	0	0	0	0	0	0	0	0
64	1700	15	0	0	1	0	0	0	0	0
65	1307	2	1	0	0	0	0	0	0	0
66	1300	15	0	0	0	0	0	0	0	0
67	900	5	0	0	0	0	0	0	0	0
68	1600	14	0	0	0	0	0	1	0	0
69	460	9	0	1	0	1	0	0	0	0
70	1400	5	0	0	0	0	0	0	0	0
71	1200	5	0	0	0	0	0	0	0	0
72	2500	7	0	0	0	0	0	1	0	0
73	/	10	0	0	0	0	0	0	0	0

74	1230	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	1800	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
76	1950	17	0	0	0	0	0	0	0	1
77	2000	25	0	0	0	1	0	0	0	0
78	1600	28	0	0	0	0	0	0	0	0
79	700	14	0	0	0	0	0	1	0	0
80	1100	20	0	0	0	0	0	0	0	0
81	900	9	0	0	0	0	0	0	0	0
82	900	2	0	0	0	0	0	0	0	0
83	1900	1,5	0	0	0	0	1	0	0	0
84	2400	9	0	0	0	0	0	0	0	0
85	1200	8	0	0	0	0	0	0	0	0
86	1000	28	0	1	1	1	0	0	0	0
87	500	15	0	0	0	0	0	0	0	0
88	2200	1	0	0	0	0	0	0	0	0
89	700	11	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1650	30	0	0	0	0	0	0	0	0
91	1200	8	0	0	0	0	0	0	0	0
92	2000	30	0	0	0	0	1	0	0	0
93	/	4	0	0	0	1	0	0	0	0
94	1272	7	0	0	0	0	0	0	0	0
95	2000	9	0	0	0	0	0	0	0	0
96	900	7	0	0	0	0	0	0	0	0
97	1500		0	0	0	0	0	0	0	1
98	1800	20	0	0	0	0	0	1	0	0
99	/	3	0	0	0	0	0	0	0	0
100	1680	12	0	0	0	0	0	0	0	0
101	800	30	0	0	0	0	0	0	0	0
102	3000	10	0	0	1	0	0	0	0	0
103	1600	30	0	0	0	0	1	0	0	0
104	4200	22	0	0	1	0	0	0	0	0
105	1500	1	0	0	0	0	0	0	0	0
106	2500	12	0	0	0	0	0	0	0	0
107	1150	1	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMME	164982,57	1330	1	9	8	13	7	15	0	4
Mittelwert	1666,49	12,79	2%	16%	14%	23%	12%	26%	0%	7%

Fragebogen Nr.	5. Brennstoffbezug				6. Wechsel auf Holzfeuerung		
	Selbst- werbung	Forstamt BW	Brennstoff- erzeuger BW	außerhalb BW	ja	nein	weil,
1	1	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	0	0	1	
3	0	1	0	0	1	0	unabhängig von Öl
4	1	0	0	0	0	1	
5	0	0	0	0	0	1	Aufwand
6	0	0	1	0	0	1	Anlagekosten
7	1	0	1	0	1	0	unabhängig von Öl
8	0	0	0	0	1	0	Holz + Stroh
9	1	0	0	0	1	0	eigener Wald
10	0	0	0	0	0	1	Aufwand
11	0	0	0	0	1	0	
12	1	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
13	0	0	0	0	1	0	NawaRo
14	1	0	0	0	0	1	Platzmangel
15	0	0	0	0	0	1	
16	0	0	0	0	1	0	unabhängig von Öl
17	0	0	0	0	1	0	
18	1	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
19	0	0	0	0	1	0	
20	1	0	1	0	1	0	
21	0	0	0	0	0	1	Aufwand
22	0	0	0	0	1	0	
23	0	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
24	0	0	0	1	0	1	Platzmangel
25	0	0	1	0	0	1	
26	0	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
27	0	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
28	1	0	0	0	0	1	Aufwand
29	1	0	0	0	0	1	
30	0	0	0	0	0	0	
31	1	0	0	0	0	1	
32	0	0	0	0	0	1	
33	0	0	0	0	1	0	
34	0	0	0	0	0	1	Platzmangel

35	0	0	0	0	0	1	Platzbedarf
36	1	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
37	1	0	0	0	0	1	Aufwand
38	1	0	0	0	1	0	NawaRo
39	0	0	0	0	0	1	Platzbedarf/Aufwand
40	0	0	0	0	1	0	
41	0	0	0	1	1	0	
42	0	0	0	1	0	1	Platzbedarf
43	0	0	0	0	0	1	Platzbedarf
44	0	0	0	1	0	1	Platzbedarf
45	0	0	0	0	0	1	Rauchentwicklung
46	0	0	0	0	0	1	Aufwand
47	0	1	0	0	1	0	
48	0	0	0	0	0	1	
49	0	0	1	0	1	0	Brennstoffkosten
50	1	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
51	0	0	0	0	0	1	
52	0	0	0	0	0	1	
53	1	0	0	0	1	0	NawaRo
54	0	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
55	0	0	0	0	0	1	Anlagekosten
56	0	1	0	0	1	0	
57	0	0	1	0	0	1	
58	1	0	0	0	1	0	Fowi
59	0	0	0	0	0	0	
60	1	0	0	0	0	1	
61	0	1	0	0	1	0	Brennstoffkosten
62	0	0	0	1	1	0	
63	0	0	0	0	1	0	
64	1	0	0	0	1	0	
65	0	0	0	1	1	0	
66	0	0	0	0	0	1	
67	0	0	0	0	0	1	
68	0	0	0	0	1	0	
69	1	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
70	0	0	0	0	0	1	Platzbedarf
71	0	0	0	0	0	1	
72	1	0	0	0	0	1	Aufwand

73	0	0	0	0	0	1	
74	0	0	0	0	0	1	Aufwand
75	0	0	0	0	1	0	
76	0	0	1	0	0	1	fehlende Infos
77	1	0	0	0	0	1	Platzbedarf
78	0	0	0	0	0	1	Platzbedarf
79	1	0	0	0	1	0	
80	0	0	0	0	1	0	NawaRo
81	0	0	0	0	0	1	neue Heizung
82	0	0	0	0	0	1	neue Heizung
83	1	0	0	0	0	1	Aufwand
84	0	0	0	0	0	1	
85	0	0	0	0	0	1	Platzbedarf
86	1	0	0	0	1	0	Fowi
87	0	0	0	0	0	1	
88	0	0	0	0	0	1	neue Heizung
89	0	0	0	0	1	0	NawaRo
90	0	0	0	0	0	1	Aufwand
91	0	0	0	0	0	1	
92	1	0	0	0	1	0	
93	0	1	0	0	1	0	
94	0	0	0	0	0	1	Aufwand
95	0	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
96	0	0	0	0	1	0	neue Heizung
97	1	0	0	0	0	1	
98	1	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
99	0	0	0	0	0	1	Aufwand
100	0	0	0	0	0	1	Lebensalter
101	0	0	0	0	0	1	Lebensalter
102	1	0	0	0	1	0	Brennstoffkosten
103	1	0	0	0	0	1	Platzmangel
104	0	0	1	0	1	0	
105	0	0	0	0	0	1	fehlende Infos
106	0	0	0	0	0	1	fehlende Infos
107	0	0	0	0	0	1	Aufwand
SUMME	30	5	8	6	47	58	
Anteil	61,2%	10,2%	16,3%	12,2%	44%	54%	

Fragebogen Nr.	7. Vorteile der Holzenergie														
	Klimaschutz			Regionale Wertschöpfung			Schaffung von Arbeitsplätzen			Versorgungssicherheit			Brennstoffkosten		
	Unbe- deutend	Be- deutend	Ent- scheidend	Unbe- deutend	Be- deutend	Ent- scheidend	Unbe- deutend	Be- deutend	Ent- scheidend	Unbe- deutend	Be- deutend	Ent- scheidend	Unbe- deutend	Be- deutend	Ent- scheidend
1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
4	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
8	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
9	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
12	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
13	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
14	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
17	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
18	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
19	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
20	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
21	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
22	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
23	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
24	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
25	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
26	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
27	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
28	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0

34	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
35	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
36	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
37	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
38	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
39	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
40	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
41	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
44	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
45	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
46	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
47	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
48	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
50	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
54	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
55	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
56	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
57	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
61	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
62	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
63	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
64	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
65	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
74	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
75	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
76	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
77	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
78	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
79	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
80	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
81	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
82	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
83	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
85	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
86	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
89	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
90	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
92	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
93	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
94	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
95	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
96	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
97	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
98	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
102	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
103	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
104	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
105	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
106	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMME	7	46	27	17	36	27	12	50	18	14	38	28	11	28	38
Anteil	8,8%	57,5%	33,8%	21,3%	45,0%	33,8%	15,0%	62,5%	22,5%	17,5%	47,5%	35,0%	14,3%	36,4%	49,4%

Fragebogen Nr.	8. Nachteile der Holzenergie																	
	Rauchbelästigung			Investitionskosten			Hoher Arbeitsaufwand			Anlagenplanung			fehlende fachliche Beratung			Übernutzung der Wälder		
	Unbedeutend	Bedeutend	Entscheidend	Unbedeutend	Bedeutend	Entscheidend	Unbedeutend	Bedeutend	Entscheidend	Unbedeutend	Bedeutend	Entscheidend	Unbedeutend	Bedeutend	Entscheidend	Unbedeutend	Bedeutend	Entscheidend
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
3	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
4	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
5	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
8	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
9	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
10	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
12	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
13	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
14	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
16	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
17	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
18	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
19	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
20	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
21	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
22	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
23	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
24	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
25	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
26	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
27	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
28	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0

34	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
35	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
36	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
37	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
38	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
39	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
40	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
41	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
42	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
44	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
45	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
46	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
47	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
48	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
49	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
50	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
51	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
52	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
53	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
54	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
55	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
57	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
59	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
60	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
61	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
62	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
63	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
64	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
65	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
70	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
71	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
72	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

73	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
75	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
76	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
77	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
79	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
80	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
81	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
82	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
86	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
87	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
89	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
92	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
93	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
94	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
95	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
96	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
97	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
98	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
102	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
103	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
106	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMME	46	33	9	19	48	21	15	41	43	41	29	12	42	24	15	41	34	9
Anteil	52,3%	37,5%	10,2%	21,6%	54,5%	23,9%	15,2%	41,4%	43,4%	50,0%	35,4%	14,6%	51,9%	29,6%	18,5%	48,8%	40,5%	10,7%

Fragebogen Nr.	9. Entscheidungshilfen/Dienste für Holzfeuerung					
	Neutrale Beratung	Planungshilfe	Wirtschaftlichkeits- Vergleich	Brennstoff- Lieferanten	Preisübersicht /Bezugsquellen	Förderung
1	1	1	1	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	1	0
5	0	1	1	1	0	1
6	0	0	0	0	0	0
7	1	1	0	0	1	0
8	1	1	1	1	0	0
9	1	1	0	0	0	1
10	0	1	0	1	1	1
11	1	0	0	1	1	0
12	1	1	1	0	0	1
13	0	0	0	1	1	0
14	1	0	0	0	0	0
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	0	0	0
17	1	1	1	1	1	1
18	0	1	0	0	0	0
19	1	1	1	0	0	1
20	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1
22	1	0	1	0	0	0
23	1	1	1	0	1	1
24	0	1	0	0	0	0
25	0	1	0	0	0	1
26	1	0	1	0	1	1
27	1	1	1	1	1	1
28	1	0	1	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	1	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
33	1	1	1	1	1	1
34	0	0	0	0	0	0

35	1	1	1	1	1	1
36	1	0	1	1	1	0
37	1	1	1	1	1	1
38	1	0	0	0	0	0
39	1	1	1	0	0	0
40	1	0	1	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0
43	1	1	1	1	1	1
44	0	0	0	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1
46	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0
48	1	0	0	0	0	0
49	1	0	1	0	1	0
50	0	1	0	0	0	0
51	1	1	1	1	1	1
52	0	0	0	0	1	0
53	1	0	1	0	0	0
54	0	1	1	0	1	1
55	0	0	0	0	0	0
56	1	0	0	0	1	0
57	1	0	0	0	0	0
58	0	1	1	0	0	1
59	0	0	1	0	0	0
60	1	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	1
62	1	0	0	1	0	0
63	1	1	0	1	1	0
64	1	1	0	0	0	1
65	0	0	0	0	0	0
66	0	0	1	0	0	0
67	1	0	0	0	1	1
68	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0
70	1	1	1	1	1	1
71	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	1

73	0	0	0	0	0	0
74	1	1	1	0	1	1
75	1	1	1	1	1	0
76	1	0	1	0	0	0
77	0	0	0	0	1	0
78	0	0	0	0	1	0
79	1	1	1	0	0	1
80	1	0	1	0	1	1
81	0	1	1	0	0	1
82	1	1	1	0	0	1
83	0	0	0	0	1	0
84	0	0	1	0	1	0
85	0	1	0	1	1	1
86	0	0	0	0	0	1
87	0	0	0	0	0	0
88	0	1	1	0	0	0
89	1	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	0
92	1	1	0	0	1	1
93	0	0	1	0	0	0
94	0	0	0	0	0	0
95	1	1	1	1	1	1
96	1	1	1	0	0	0
97	0	1	1	0	0	1
98	1	1	1	1	1	1
99	1	1	0	0	1	1
100	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0
102	0	1	1	0	1	1
103	1	0	0	0	0	0
104	1	1	1	0	0	1
105	1	0	1	0	0	1
106	0	1	1	0	0	1
107	0	0	0	0	1	0
SUMME	55	47	49	25	42	44
Anteil	61%	52%	54%	28%	47%	49%

Fragebogen Nr.	10. persönlicher Kenntnisstand				
	sehr starkes Interesse	stark interessiert	interessiert, aber fehlende Information	Wissen ausbaufähig	kein Interesse
1	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0
6	0	1	0	0	0
7	0	1	0	0	0
8	0	0	0	1	0
9	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	1
11	0	0	1	0	0
12	1	0	0	0	0
13	0	1	0	0	0
14	0	1	0	0	0
15	0	0	0	1	0
16	0	0	1	0	0
17	0	0	1	0	0
18	0	1	0	0	0
19	0	1	0	0	0
20	1	0	0	0	0
21	0	0	0	1	0
22	0	1	0	0	0
23	0	0	1	0	0
24	0	1	0	0	0
25	0	0	0	1	0
26	0	0	1	0	0
27	0	1	0	0	0
28	0	0	0	1	0
29	0	0	0	0	0
30	1	0	0	0	0
31	0	1	0	0	0
32	0	0	0	0	1
33	0	0	0	1	0
34	0	1	0	0	0

35	1	0	0	1	0
36	0	0	1	0	0
37	0	0	0	1	0
38	0	1	0	0	0
39	0	0	1	0	0
40	0	1	0	0	0
41	1	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0
43	0	0	1	0	0
44	0	1	0	0	0
45	0	0	1	0	0
46	0	0	0	0	1
47	1	0	0	0	0
48	0	1	0	0	0
49	0	0	1	0	0
50	0	1	0	0	0
51	0	0	0	1	0
52	0	0	0	0	1
53	1	0	0	0	0
54	0	0	0	1	0
55	0	0	0	0	1
56	1	0	0	0	0
57	1	0	0	0	0
58	0	1	0	0	0
59	0	1	0	0	0
60	0	0	0	0	1
61	1	0	0	0	0
62	0	0	1	0	0
63	0	1	0	0	0
64	0	1	0	0	0
65	1	0	0	0	0
66	0	0	0	1	0
67	1	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0
69	0	1	0	0	0
70	0	0	1	0	0
71	0	0	1	0	0
72	0	0	0	1	0

73	0	0	0	0	0
74	0	0	1	0	0
75	0	0	1	0	0
76	0	0	1	0	0
77	0	1	0	0	0
78	0	0	1	0	0
79	0	0	0	1	0
80	0	0	1	0	0
81	0	0	0	1	0
82	0	1	0	0	0
83	1	0	0	0	0
84	0	0	0	1	0
85	0	1	0	0	0
86	1	0	0	0	0
87	0	0	0	0	1
88	0	1	0	0	0
89	0	0	0	1	0
90	0	0	0	1	0
91	0	1	0	0	0
92	1	0	0	0	0
93	0	1	0	0	0
94	0	0	0	1	0
95	0	0	1	0	0
96	0	0	1	0	0
97	0	1	0	0	0
98	0	1	0	0	0
99	0	0	0	0	1
100	0	1	0	0	0
101	0	0	1	0	0
102	0	0	1	0	0
103	0	1	0	0	0
104	0	0	1	0	0
105	0	0	0	1	0
106	0	0	1	0	0
107	0	0	1	0	0
SUMME	17	33	26	19	8
Anteil	17%	32%	25%	18%	8%

Fragebogen Nr.	11. prinzipielle Einstellung				
	sehr positiv	positiv	gleichgültig	skeptisch	negativ
1	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0
6	0	0	0	1	0
7	0	1	0	0	0
8	0	1	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0
11	0	1	0	0	0
12	0	1	0	0	0
13	1	0	0	0	0
14	0	1	0	0	0
15	0	0	0	1	0
16	0	1	0	0	0
17	0	1	0	0	0
18	0	1	0	0	0
19	0	1	0	0	0
20	1	0	0	0	0
21	0	1	0	0	0
22	0	1	0	0	0
23	1	0	0	0	0
24	0	1	0	0	0
25	0	0	1	0	0
26	1	0	0	0	0
27	0	1	0	0	0
28	1	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0
30	1	0	0	0	0
31	0	1	0	0	0
32	0	0	0	0	0
33	0	1	0	0	0
34	1	0	0	0	0

35	0	0	0	1	0
36	0	0	1	0	0
37	0	0	0	1	0
38	0	1	0	0	0
39	0	1	0	0	0
40	0	1	0	0	0
41	1	0	0	0	0
42	0	0	0	1	0
43	0	1	0	0	0
44	0	1	0	0	0
45	0	0	0	1	0
46	0	0	0	0	1
47	1	0	0	0	0
48	0	1	0	0	0
49	0	0	1	0	0
50	1	0	0	0	0
51	0	0	0	1	0
52	0	1	0	0	0
53	1	0	0	0	0
54	0	1	0	0	0
55	0	0	0	1	0
56	1	0	0	0	0
57	1	0	0	0	0
58	0	1	0	0	0
59	0	0	0	1	0
60	0	0	1	0	0
61	1	0	0	0	0
62	1	0	0	0	0
63	1	0	0	0	0
64	1	0	0	0	0
65	1	0	0	0	0
66	0	0	1	0	0
67	1	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0
69	1	0	0	0	0
70	0	1	0	0	0
71	0	1	0	0	0
72	1	0	0	0	0

73	0	0	0	0	0
74	0	1	0	0	0
75	0	0	0	1	0
76	0	0	0	1	0
77	0	0	0	1	0
78	0	0	1	0	0
79	0	1	0	0	0
80	1	0	0	0	0
81	0	0	1	0	0
82	0	1	0	0	0
83	1	0	0	0	0
84	0	1	0	0	0
85	1	0	0	0	0
86	1	0	0	0	0
87	0	0	0	1	0
88	0	0	0	0	1
89	0	0	0	1	0
90	0	1	0	0	0
91	1	0	0	0	0
92	0	1	0	0	0
93	0	0	0	0	1
94	1	0	0	0	0
95	1	0	0	0	0
96	0	1	0	0	0
97	0	1	0	0	0
98	0	1	0	0	0
99	0	0	0	0	1
100	0	1	0	0	0
101	0	0	1	0	0
102	1	0	0	0	0
103	0	0	0	1	0
104	1	0	0	0	0
105	0	1	0	0	0
106	0	1	0	0	0
107	1	0	0	0	0
SUMME	34	39	8	17	4
Anteil	33%	38%	8%	17%	4%

11.3 Adressliste Datenerhebung "Holzreste aus der Produktion und deren Nutzung"

Betrieb	Anschrift	Telefon/ Fax	Mail / Web	Bemerkungen
Schreinerei Heinrich Grünemei	Itzelstr. 6 34537 Bad Wildungen	05621/ 2672 -	- -	nicht erreicht, Brief zurück
Bau- & Möbelschreinerei Heinrich Noll	Hüttenroder Str. 3 34537 Bad Wildungen-Armsfeld	05621/ 4767 05621/ 73796	- -	verbrennt alle Holzreste und kauft noch dazu/kann schlecht Auskunft geben
Schreinerei Seip GbR	Hinter der Mauer 8 34537 Bad Wildungen	05621/ 2829 -	- -	✓
Schreinerei Friedrich Wagener	Zum Braunauer Berg 8 34537 Bad Wildungen-Braunau	05621/ 5720 -	- -	Enthaltung
Holz- Kunststoffverarbeitung Walter KG	Eichlerstr. 13 34537 Bad Wildungen	05621/ 2805 05621/ 2918	- -	nicht erreicht am 30.09.2005

Schreinerei - Innenausbau	Ziergartenstr. 3	05621/ 4153	-	nicht erreicht am 30.09.2005
Willy Beyer	34537 Bad Wildungen	05621/ 74871	-	
Schreinerei Karl-Heinz Blümer	An der Mauer 1a	05621/ 2616	-	1 Mann-Betrieb,
	34537 Bad Wildungen	-	-	kurz vor Schließung, daher keine m³ Angabe möglich
Schreinermeister Ralf Heintzemann	Pärnerweg 18	05621/ 3123	-	nicht erreicht am 30.09.2005
	34537 Bad Wildungen- Odershausen	-	-	
Bau- und Möbelschreinerei Kraft	Hinter den Zäunen 3	05621/ 4312	-	✓
	34537 Bad Wildungen-Mandern	-	-	
Schaefer Bestattungen	Die Mühlenhöfe 1	05621/ 4885	-	✓
	34537 Bad Wildungen-Braunau	05621/ 74941	-	
Schreinerei Syring	An der Schere 2	05621/ 4235	post@syring.de	✓
	34537 Bad Wildungen- Odershausen	05621/ 73715	www.syring.de	
Schreinerei Bock u. Heiser	Frankenstr. 39	05621/ 962737	bock.u.heiser@t-online.de	✓

	34537 Bad Wildungen-Braunau	05621/ 962736		
Hundsdorfer Holzbau Horst Guth & Sohn GmbH & Co.KG	Löhlbacher Str. 34 34537 Bad Wildungen-Hundsdorf	05621/ 80680 05621/ 806819	info@HundsdorferHolzbau.de www.HundsdorferHolzbau.de	✓
Blume Holz- und Bauelemente Fachmärkte GmbH	Odershäuser Str. 57 34537 Bad Wildungen	05621/ 2203 05621/ 4693	badwildungen@blume-holz.de www.blume-holz.de	es fällt überhaupt kein Restholz an
Blecher KG Großhandel	Oderweg 5 34537 Bad Wildungen	05621/ 78740 05621/787455	Blecher_KG@t-online.de www.blecher-kg.de	nicht erreicht am 30.09.2005
Holzrückebetrieb Bernhard Schauka	Jägerstr. 8 34537 Bad Wildungen-Braunau	Mobil: 0171/ 2324074	- -	nicht erreicht am 30.09.2005

Allgemeiner Hinweis

Die Prüfer übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit der Ergebnisse und Aussagen von Diplomarbeiten.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig erstellt und nur die angegebenen Hilfen benutzt habe.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Diplomarbeit von der Bibliothek des Fachbereiches ausgeliehen werden darf.

Name: **Andre Mohr**

Straße: **Bröbecker Weg 9**

Ort: **34477 Twistetal**

Göttingen, _____
(Datum)

(Unterschrift)